ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 3.

Энергія и температура.

Макса Планка [1]).

На высокій почетъ, оказанный мнѣ приглашеніемъ сообщить въ Обществѣ, посвященномъ кипучему научному труду, о результатахъ изслѣдованій въ области моей спеціальности, я не могу лучше отвѣтить, какъ выбравъ тему, которая въ настоящее время занимаетъ самое важное и центральное мѣсто въ термодинамикѣ, именно о связи между температурою и энергіей. Тему эту я выбралъ тѣмъ охотнѣе, что она позволяетъ мнѣ воздать честь на мѣстѣ его дѣятельности памяти безсмертнаго Анри Виктора Реньо, которому классическая термодинамика обязана своими важнѣйшими числовыми данными, а весь физическій міръ еще полонъ воспоминаній о праздновании столѣтней годовщины его рожденія.

Тѣмъ, кто стоитъ вдали, вопросъ о взаимномъ соотношеніи между температурою и энергіею кажется въ высшей степени простымъ и элементарнымъ. Между тѣмъ я надѣюсь вскорѣ показать, что дѣло обстоитъ далеко не такъ благополучно, и что за этимъ вопросомъ скрываются большія трудности и неприступныя тайны, и только въ самое послѣднее время блеснула надежда подойти ближе къ окончательному рѣшенію этого основного вопроса термодинамики.

Можно сказать безъ преувеличенія, что настоящій термодинамическій методъ изслѣдованія получилъ свое начало съ того момента, когда научились различать понятія о температурѣ и количествѣ теплоты. Съ тѣхъ поръ термометръ и калориметръ стали важнѣйшими измѣрительными прибо-

[1]) Рѣчь, произнесенная 21 апрѣля 1911 г. въ Парижѣ, въ Пасхальномъ засѣданіи Французскаго физическаго общества.

рами въ ученіи о теплотѣ, оба совершенствовались со временемъ самымъ поразительнымъ образомъ, а съ точностью измѣреній рука объ руку шла точность опредѣленій и понятій, безъ которой даже самыя тонкія измѣренія лишены всякаго смысла и значенія. Когда количество теплоты могло быть представлено какъ особая форма энергіи и выражено, благодаря экспериментальному опредѣленію механическаго эквивалента теплоты, непосредственно въ абсолютныхъ механическихъ единицахъ энергіи, тогда на основаніи второго закона термодинамики — начала Карно-Клаузіуса — получилась возможность дать самое точное опредѣленіе температуры въ примѣненіи, какъ къ молекулярной теплотѣ, такъ и къ тепловому лучеиспусканію. Итакъ, мы можемъ смѣло утверждать, что количества теплоты и температуры могутъ быть опредѣлены съ точностью, которая зависитъ исключительно отъ совершенства измѣрительныхъ приборовъ и которая поэтому растетъ непрерывно вмѣстѣ съ развитіемъ измѣрительной техники.

Теперь, когда эта цѣль достигается съ какимъ угодно приближеніемъ, мы не можемъ отказаться отъ постановки дальнѣйшаго вопроса: въ какой-же взаимной связи находится понятіе температуры съ понятіемъ энергіи? Кто стоитъ на точкѣ зрѣнія чистой энергетики, отвѣтитъ пожалуй: „температура есть факторъ энергіи и находится въ такомъ-же отношеніи къ тепловой энергіи, какъ механическая сила къ механической работѣ, какъ электрическій потенціалъ къ электрической энергіи. Разность температуръ двухъ тѣлъ даетъ направленіе теплового потока между ними подобно тому, какъ механическая сила даетъ направленіе движенія, или разность потенціаловъ—направленіе электрическаго тока“.

Но утверждающій подобное забываетъ, что движеніе можетъ происходить и въ направленіи противъ силы, а электрическій токъ можетъ протекать и въ направленіи обратномъ паденію потенціала, между тѣмъ какъ теченіе тепловой энергіи въ направленіи обратномъ паденію температуры невозможно и немыслимо. Въ самомъ существованіи въ физикѣ величины, обладающей всѣми свойствами температуры, есть что то особенное и своеобразное. Что два тѣла,

находящіяся порознь въ тепловомъ равновѣсіи съ третьимъ, находятся въ равновѣсіи между собою, ничуть не является само собою понятнымъ, но представляетъ весьма замѣчательное и важное явленіе. Вѣдь для электрическаго равновѣсія не существуетъ аналогичнаго положенія. Въ этомъ можно легко убѣдиться, если погрузить однимъ концомъ мѣдную и цинковую палочку въ разведенную сѣрную кислоту, а противуположные концы соединить между собою металлически. Въ этомъ случаѣ нѣтъ равновѣсія, а есть электрическій токъ, который продолжается до тѣхъ поръ, пока вся поверхность мѣди не претерпитъ химическаго видоизмѣненія.

Извѣстно, что всѣ условія и свойства термодинамическаго равновѣсія могутъ быть выражены полностью и въ совершенномъ соотвѣтствіи съ опытомъ посредствомъ второго закона термодинамики. Но онъ далеко не предрѣшаетъ всѣхъ вопросовъ. Чистая термодинамика, будь это сказано къ ея чести, безпредѣльно обогатила физическія знанія; но остановиться на ней исключительно нельзя, такъ какъ она совсѣмъ не поучаетъ насъ ни о величинахъ, ни о взаимной связи характерныхъ для термодинамическихъ свойствъ тѣлъ постоянныхъ, ни о теченіи необратимыхъ явленій въ зависимости отъ времени, ни о теплопроводности и лучеиспусканіи, ни о диффузіи и химическихъ реакціяхъ. Съ точки зрѣнія чистой термодинамики отношеніе обѣихъ удѣльныхъ теплотъ газовъ могло-бы на равномъ основаніи равняться 2, какъ и 100, точно также теплопроводность газа могла-бы быть въ 100.000 разъ больше, какъ и въ 100.000 разъ меньше теплопроводности металла.

Здѣсь вопросъ можетъ быть подвинутъ впередъ только при помощи атомистическихъ представленій, особенно-же кинетической теоріи газовъ. Теорія эта выводитъ, какъ слѣдствіе изъ закона Гей-Люссака и Авогадро, что температура идеальнаго газа выражается среднею энергіею поступательнаго движенія одной единственной газовой молекулы, независимо отъ молекулярнаго вѣса.

Это простое и въ высшей степени наглядное положеніе на первый взглядъ проливаетъ свѣтъ на весьма важный, разбираемый нами вопросъ о взаимномъ отношеніи между энергіею и температурою. Вѣдь его можно весьма легко

обобщить и распространить на неидеальные газы, пары, жидкости и твердыя тѣла. Для этого стоитъ только считать тепловое равновѣсіе между двумя тѣлами установленнымъ, когда отдѣльныя молекулы обоихъ граничащихъ тѣлъ обладаютъ одинаковыми средними энергіями поступательнаго движенія, и это вполнѣ понятно, если представить себѣ, что молекулы обоихъ тѣлъ при многочисленныхъ столкновеніяхъ обмѣниваются взаимно своими энергіями такъ, что въ результатѣ устанавливается извѣстное статистическое равновѣсіе, въ которомъ среднія энергіи движеній взаимно выравнены.

И въ самомъ дѣлѣ, Больтцману и Гиббсу удалось при помощи теоріи вѣроятностей изъ общихъ уравненій движенія Гамильтона вывести общее положеніе, которое называютъ теперь началомъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи. Оно требуетъ, чтобы при статистическомъ равновѣсіи любой системы, зависящей отъ многихъ перемѣнныхъ, на каждую независимую перемѣнную состоянія приходилось въ среднемъ одинаковое количество энергіи.

Къ независимымъ перемѣннымъ всякаго твердаго, жидкаго или газообразнаго тѣла принадлежатъ съ кинической точки зрѣнія при всякихъ условіяхъ слагающія скоростей его молекулъ. Слѣдовательно, въ любой системѣ, состоящей изъ любого количества твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ, средняя энергія каждой слагающей скоростей каждой молекулы, въ силу закона равномѣрнаго распредѣленія, одинакова для всѣхъ тѣлъ. Отсюда очевидно, что термодинамическое условіе тепловаго равновѣсія будетъ приведено въ полное соотвѣтствіе съ положеніями статистической механики, если температуру тѣла разсматривать въ общемъ видѣ, какъ мѣру средней кинетической энергіи, или въ еще болѣе общемъ видѣ, какъ мѣру средней энергіи, приходящейся на любую независимую перемѣнную тѣла.

Такимъ образомъ, окончательный отвѣтъ на вопросъ о связи между температурою и энергіею какъ бы найденъ, а чрезмѣрная простота и наглядность этого положенія склоняетъ насъ къ тому, чтобы признать за нимъ основное значеніе для термодинамики. Къ укрѣпленію этой точки зрѣнія

способствовали еще многія поразительныя подтвержденія, къ которымъ она привела.

Если температура представляетъ среднюю энергію одной отдѣльной перемѣнной, то общая энергія тѣла можетъ быть прямо получена перемноженіемъ его температуры на число независимыхъ перемѣнныхъ, опредѣляющихъ его состояніе. Отсюда теплоемкость при постоянномъ объемѣ даетъ непосредственно число этихъ независимыхъ перемѣнныхъ, или, какъ тоже выражаются, число степеней свободы тѣла. Благодаря странному совпаденію, случилось, что въ общеупотребительныхъ единицахъ для количества теплоты, температуры и граммъ-молекулы—числовая величина молекулярной теплоты непосредственно равна числу степеней свободы дѣйствительной молекулы.

Въ одноатомномъ газѣ,—напримѣръ, если разсматривать атомы, какъ матеріальныя точки, взаимнымъ притяженіемъ которыхъ можно пренебречь, — единственными степенями свободы, имѣющими рѣшающее значеніе для энергіи являются три слагающія скорости атомовъ. Поэтому атомная теплота такого газа при постоянномъ объемѣ должна равняться въ общеупотребительныхъ единицахъ 3, что подтверждается опытомъ. Въ твердомъ-же тѣлѣ къ тремъ слагающимъ скоростей атома слѣдуетъ прибавить еще три координаты, опредѣляющія смѣщенія атома изъ положенія равновѣсія, т. е. его потенціальную энергію, и соотвѣтственно этому атомная теплота твердаго тѣла должна равняться 6, что находится дѣйствительно въ близкомъ согласіи съ закономъ Дюлонга и Пти. Отступленія отъ этого закона, а именно наблюдаемое у всѣхъ тѣлъ увеличеніе удѣльной теплоты съ температурою, объясняются появленіемъ новыхъ степеней свободы вслѣдствіе ослабленія связей атомовъ въ молекулѣ; то обстоятельство, что увеличеніе это происходитъ не скачками, а непрерывно, можно приписать тому, что расшатываются связи не всѣхъ молекулъ сразу, а постепенно то у однѣхъ, то у другихъ.

Неудивительно, что послѣ этихъ очевидныхъ успѣховъ Больтцманъ сдѣлалъ положеніе о равномѣрномъ распредѣленіи энергіи центромъ кинетической теоріи тепла, и что еще въ въ наши дни многіе физики склоняются къ его точкѣ

зрѣнія, несмотря на извѣстныя трудности и несообразности, устраненіе которыхъ они съ довѣріемъ ждутъ отъ будущаго. Въ виду этого я желаю показать вамъ, что этотъ взглядъ въ настоящее время не можетъ уже удержаться, и что новые опыты въ связи съ болѣе старыми и давно извѣстными заставляютъ насъ отказаться отъ положенія о равномѣрномъ распредѣленіи энергіи въ его принципіальномъ значеніи для статистическаго тепловаго равновѣсія.

Я начну съ разбора болѣе старыхъ трудностей. Двухатомная молекула, какъ напримѣръ, водорода, кислорода или азота, обладаетъ, если разсматривать атомы, какъ свободно движущіяся матеріальныя точки, 9 степенями свободы, а именно: 6 слагающихъ скоростей обоихъ атомовъ и 3 проекціи разстоянія атомовъ на 3 координатныя оси. Но молекулярная теплота при постоянномъ объемѣ равна для нихъ не 9, какъ слѣдовало ожидать, а только 5. И во всѣхъ подобныхъ случаяхъ молекулярная теплота всегда меньше, чѣмъ можно было этого ожидать по числу степеней свободы. Но это еще не все. Вѣдь и молекула одноатомнаго газа, какъ напримѣръ ртути, безъ сомнѣнія не представляетъ собою матеріальной точки, въ чемъ насъ убѣждаетъ бѣглый взглядъ на ртутный спектръ съ его безчисленными тонкими линіями. Если-бы каждой изъ этихъ линій отвѣчала по крайней мѣрѣ одна степень свободы въ смыслѣ статистической теоріи тепла, то атомная теплота ртути при постоянномъ объемѣ должна-бы равняться не 3, а во всякомъ случаѣ больше 1000.

Само собою понятно, что трудности эти не ускользнули отъ Больтцмана, и что онъ пытался дать объясненіе великому числу степеней свободы, которыхъ никоимъ образомъ не удавалось открыть посредствомъ тепловыхъ измѣреній. Вѣдь устранить степени свободы не было никакой возможности. Поэтому слабое вліяніе движеній атомовъ въ молекулѣ на теплоемкость молекулы онъ старался объяснить замедленіемъ въ установленіи полнаго статистическаго равновѣсія. Онъ принималъ, что въ предѣлахъ времени, употребляемаго на наблюденіе теплоемкости, взаимныя колебанія составныхъ частей молекулы измѣняются незамѣтно и только гораздо позже весьма медленно приходятъ въ тепло-

вое равновѣсіе съ поступательнымъ движеніемъ молекулъ, вслѣдствіе чего это явленіе уже недоступно наблюденію. Съ этой точки зрѣнія должна-бы сама по себѣ измѣняться температура газа, абсолютно защищеннаго отъ всякаго внѣшняго теплового воздѣйствія. Но до сихъ поръ еще не наблюдалось и слѣда такого явленія. Напротивъ, измѣреніе теплоемкости посредствомъ быстрыхъ звуковыхъ колебаній дало въ сущности тѣ-же результаты, что и прямыя калориметрическія измѣренія.

Еще труднѣе представляется вопросъ въ случаѣ твердыхъ тѣлъ, а въ особенности металловъ, которые являются хорошими проводниками тепла и электричества. Новая электронная теорія, выдержавшая искусъ многочисленныхъ примѣненій, считаетъ носителями проводимой теплоты, какъ и проводимаго электричества, такъ называемые свободные электроны, мчащіеся во всѣ стороны среди молекулъ металла. Если каждому такому электрону приписать сообразно его тремъ слагающимъ скоростей три степени свободы, что необходимо сдѣлать для сохраненія за нимъ почетнаго имени „свободнаго“ электрона, то молекулярная теплота должна-бы быть значительно больше 6.

Во всѣхъ примѣрахъ, приведенныхъ до сихъ поръ, противорѣчіе дремлетъ, если можно такъ выразиться, въ скрытомъ видѣ; и можно всегда надѣяться, что благодаря счастливому видоизмѣненію основныхъ представленій эти трудности еще удастся устранить. Къ первому явному конфликту съ опытомъ привело примѣненіе закона равномѣрнаго распредѣленія энергіи къ теоріи лучеиспусканія черныхъ тѣлъ. Лучистая теплота не только сама болѣе доступна точному измѣренію, чѣмъ теплота, передаваемая по теплопроводности, но, благодаря спектральному разложенію, ее удается гораздо точнѣе характеризовать во всѣхъ ея отдѣльныхъ элементахъ, между тѣмъ какъ для проводимой теплоты, которая всегда выступаетъ какъ нѣчто неразложимое, такой характеристики дать нельзя. Этимъ именно и объясняется, что изслѣдованія изъ области теплового лучеиспусканія впервые пролили немного свѣта на разбираемый нами вопросъ.

Джинсъ, по моему мнѣнію, безспорно доказалъ, что законъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи въ примѣненіи къ явленіямъ теплового лучеиспусканія даетъ для нормальнаго спектра распредѣленіе энергіи, характеризующееся тѣмъ, что интенсивность лучеиспусканія въ спектрѣ прямо пропорціональна температурѣ и обратно пропорціональна четвертой степени длины волны. Чѣмъ меньше длина волны, тѣмъ больше число колебаній и, слѣдовательно, тѣмъ больше степеней свободы приходится на радіацію, испускаемую участкомъ спектра опредѣленной ширины.

Очевидно, что при такомъ законѣ распредѣленія энергіи не можетъ быть и рѣчи о какомъ-бы то ни было опредѣленномъ распредѣленіи энергіи по всему спектру и, слѣдовательно, о дѣйствительномъ термодинамическомъ равновѣсіи. Вѣдь при такомъ распредѣленіи съ безпредѣльно убывающею длиною волны интенсивность спектральнаго лучеиспусканія должна-бы сдѣлаться въ результатѣ безконечно малой. Отсюда, однако, Джинсъ не вывелъ заключенія, что законъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи неприложимъ въ данномъ случаѣ, но постарался, подобно Больтцману, обойти эту трудность, обратившись къ теченію во времени явленій лучеиспусканія. По его мнѣнію замкнутое въ закрытомъ и ограниченномъ оболочкою пространствѣ лучеиспусканіе ни въ какомъ случаѣ не можетъ находиться въ состояніи дѣйствительнаго термодинамическаго равновѣсія, потому что непрерывно образуются лучи кратчайшихъ длинъ волнъ и диффундируютъ сквозь оболочку наружу подобно болѣе жесткимъ Рентгеновскимъ лучамъ. Но этотъ взглядъ еще труднѣе обосновать, чѣмъ аналогичный взглядъ Больтцмана, а Луммеръ и Принсгеймъ показали, что онъ стоитъ въ явномъ противорѣчіи со всѣми данными опытами. Этимъ впервые былъ нанесенъ рѣшительный ударъ попыткѣ признать всеобщее значеніе за положеніемъ о равномѣрномъ распредѣленіи энергіи.

Разногласію этого положенія съ дѣйствительностью суждено было выразиться еще ярче. Удѣльная теплота твердыхъ тѣлъ обнаруживаетъ обыкновенно стремленіе падать съ пониженіемъ температуры, а въ послѣднее время, Нернстъ безспорно доказалъ, какъ экспериментально, измѣ-

реніями при температурѣ кипящаго водорода, такъ и теоретически, примѣнивъ свою новую термодинамическую теорему, по которой удѣльныя теплоты твердыхъ и жидкихъ тѣлъ съ безпредѣльнымъ паденіемъ температуры стремятся къ крайне малымъ величинамъ. Такъ, напримѣръ, теплоемкость мѣди при температурѣ кипящаго водорода составляетъ не больше $^1/_{20}$ ея теплоемкости при обыкновенныхъ температурахъ! Какъ-же объяснить это явленіе съ точки зрѣнія начала равномѣрнаго распредѣленія энергіи? Какъ вообще объяснить, что теплоемкость какого нибудь тѣла можетъ быть меньше 3? Вѣдь если разсматривать молекулу, какъ подвижную въ пространствѣ, то слагающія ея скоростей образуютъ 3 степени свободы. Оставалось-бы, пожалуй, предположить, что молекулы твердаго или жидкаго тѣла сбиваются при весьма низкихъ температурахъ въ комки, которые могутъ только передвигаться какъ цѣлое; тогда, разумѣется, свобода движенія тѣла была бы соотвѣтственно ограничена. Но и въ этомъ случаѣ остается еще свобода тѣхъ движеній, на которыхъ основано испусканіе и поглощеніе лучистой теплоты всѣхъ длинъ волнъ; а движенія эти должны отличаться необычайною тонкостью и несомнѣнно образуютъ число степеней свободы, превосходящее больше, чѣмъ трижды, число молекулъ.

Въ виду этихъ результатовъ опыта необходимо придти къ заключенію, что законъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи потерялъ въ термодинамикѣ основное значеніе, которое ему такъ долго приписывали. Вмѣстѣ съ этимъ разсматриваемый нами вопросъ о связи между температурою и энергіею становится снова открытымъ. Вѣдь если въ статистическомъ равновѣсіи средняя энергія не распредѣлена равномѣрно между всѣми степенями свободы, то немыслимо, чтобы средняя энергія отдѣльной степени свободы могла служить мѣрою температуры, которая безъ сомнѣнія въ состояніи равновѣсія обладаетъ повсюду одинаковою величиною.

Что сдѣлать, чтобы выйти изъ этого труднаго положенія? Слѣдуетъ-ли совершенно отвергнуть положеніе о равномѣрномъ распредѣленіи энергіи, какъ ложное, и искать совсѣмъ новаго начала? Ни въ какомъ случаѣ! Вѣдь положеніе это нашло прекрасное оправданіе въ нѣкоторыхъ обла-

стяхъ, а именно для одноатомныхъ газовъ и въ извѣстной степени для твердыхъ тѣлъ, и потому оно несомнѣнно заключаетъ въ себѣ извѣстную долю истины, но не всю истину. Въ виду этого нѣтъ другого исхода, какъ признать, что оно представляетъ недопустимое обобщеніе вполнѣ правильнаго начала. И чтобы придти къ его правильному обобщенію, слѣдуетъ совершить обратно тотъ путь, который привелъ къ началу равномѣрнаго распредѣленія энергіи, найти на немъ то мѣсто, гдѣ мы сбились съ дороги, и попытаться отсюда идти дальше по вѣрному пути.

При выполненіи этого плана не слѣдуетъ, однако, забывать, что начало равномѣрнаго распредѣленія энергіи было выведено благодаря примѣненію теоріи вѣроятностей къ статистическому равновѣсію. Этой исходной точки не будемъ упускать изъ виду при дальнѣйшихъ разсужденіяхъ, потому что безъ статистическихъ соображеній, повидимому, немыслимо пониманіе всѣхъ свойствъ и особенностей теплового равновѣсія, между тѣмъ какъ пониманіе механическаго и электрическаго равновѣсія не требуетъ этихъ соображеній.

Состояніе статистическаго равновѣсія отличается отъ всѣхъ возможныхъ состояній при одинаковой съ нимъ общей энергіи максимумомъ вѣроятности. Такимъ образомъ, если два во всѣхъ прочихъ отношеніяхъ изолированныхъ тѣла 1 и 2 могутъ обмѣниваться между собою тепловою энергіею при помощи проводимости или лучеиспусканія, то они находятся во взаимномъ статистическомъ равновѣсіи въ томъ случаѣ, когда переходъ теплоты отъ одного къ другому не вызываетъ уже дальнѣйшаго увеличенія вѣроятности. Дальше, если $W_1 = f(U_1)$ выражаетъ вѣроятность того, что тѣло 1 обладаетъ энергіею U_1, а $W_2 = f(U_2)$ вѣроятность того, что тѣло 2 обладаетъ энергіе U_2, то вѣроятность, что тѣло 1 обладаетъ энергіею U_1, и одновременно тѣло 2 энергіею U_2, будетъ $W_1 . W_2$, а условіе максимума этого выраженія требуетъ, чтобы

$$d(W_1 W_2) = 0 \text{ или } \frac{dW_1}{W_1} + \frac{dW_2}{W_2} = 0,$$

при чемъ должно быть соблюдено условіе, что $dU_1 + dU_2 = 0$,

такъ какъ общая энергія $U_1 + U_2$ не можетъ измѣняться. Откуда слѣдуетъ, что

$$\frac{1}{W_1} \cdot \frac{dW_1}{dU_1} = \frac{1}{W_2} \cdot \frac{dW_2}{dU_2},$$

и это есть условіе статистическаго равновѣсія.

Если мы теперь будетъ отождествлять тепловое равновѣсіе со статистическимъ и обратимъ вниманіе на то, что тепловое равновѣсіе выражается равенствомъ температуръ обоихъ тѣлъ, то очевидно, что достигнемъ полнаго совпаденія статистики съ термодинамикой въ томъ случаѣ, когда будемъ разсматривать въ самомъ общемъ видѣ величину $\frac{1}{W} \frac{dW}{dU} = \frac{d \log W}{dU}$, какъ мѣру температуры тѣла, и сообразно съ этимъ положимъ

$$k \cdot \frac{d \log W}{dU} = \frac{1}{T}. \qquad (1)$$

Что мы выбрали какъ разъ $\frac{1}{T}$, не какую нибудь другую функцію температуры, сдѣлано съ цѣлью согласованія съ общеупотребительной шкалою температуръ. Принципіально съ одинаковымъ успѣхомъ можно выбрать любую функцію температуры. Постоянная k зависитъ исключительно отъ произвольнаго выбора единицъ для энергіи и температуры.

Послѣднее уравненіе мы должны разсматривать, какъ наиболѣе общій отвѣтъ на поставленный вопросъ о связи между энергіею и температурою. Оно, разумѣется, весьма близко связано съ извѣстнымъ уравненіемъ термодинамики

$$\frac{1}{T} = \frac{dS}{dU},$$

но имѣетъ совсѣмъ другое значеніе. Вѣдь въ чистой термодинамикѣ уравненіе это служитъ только опредѣленіемъ энтропіи и поэтому само по себѣ не выражаетъ вообще никакого физическаго закона, между тѣмъ какъ здѣсь выведена зависимость между величинами, которыя были уже раньше опредѣлены независимо одна отъ другой. Такимъ образомъ

на этомъ пути мы приходимъ къ опредѣленію энтропіи, отличному отъ чисто термодинамическаго, именно

$$S = k \log W,$$

которое даетъ гораздо болѣе наглядное представленіе о физическомъ значеніи энтропіи, чѣмъ чисто термодинамическое, не мало вскружившее голову многимъ юнымъ послѣдователямъ науки. Для нашихъ теперешнихъ цѣлей мы можемъ совсѣмъ обойтись безъ вспомогательной величины S и оперировать непосредственно съ вѣроятностью W.

Итакъ, благодаря вновь выведенному отношенію, наша главная задача принципіально подвинута впередъ, но полное ея рѣшеніе будетъ достигнуто только впослѣдствіи, когда вѣроятность W удастся выразить какъ функцію энергіи U, чего до сихъ поръ въ общемъ видѣ еще нельзя сдѣлать. Однако, можно уже указать на нѣкоторые вѣрные случаи, для которыхъ дѣйствительно удалось вычислить вѣроятность W. Методы, приведшіе къ ея вычисленію, были впервые развиты Больтцманомъ и Гиббсомъ, исходившими изъ всеобщей примѣнимости уравненій движенія Гамильтона и выведенной изъ нихъ теоремы Ліувилля.

Я приведу сначала случай одноатомнаго идеальнаго газа, состоящаго изъ N молекулъ. Здѣсь мы получаемъ

$$W = U^{\frac{3N}{2}} \cdot \text{konst},$$

причемъ постоянная не зависитъ отъ энергіи U газа; отсюда сравненіе съ уравненіемъ (1) даетъ

$$\frac{1}{T} = k \cdot \frac{1}{U} \cdot \frac{3N}{2}; \quad U = k \cdot \frac{3N}{2} \cdot T.$$

Изъ этого уравненія можно вычислить абсолютное число атомовъ N, если извѣстна постоянная k, такъ какъ U и T могутъ быть непосредственно измѣрены. Для средней энергіи атома получаемъ $\frac{3k}{2} T$, а для атомной теплоемкости $\frac{3k}{2}$, независимо отъ природы газа и, слѣдовательно, въ

полномъ соотвѣтствіи съ началомъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи при 3 степеняхъ свободы, если каждая степень свободы обладаетъ теплоемкостью $\frac{k}{2}$. 2 въ знаменателѣ вызвано квадратичной зависимостью энергіи отъ скорости.

Для вычисленія вѣроятности W многоатомнаго газа необходимо сдѣлать предположеніе относительно числа независимыхъ степеней свободы, съ которыми движутся въ молекулѣ отдѣльные атомы, іоны и электроны. И здѣсь какъ разъ обнаруживается то мѣсто, начиная съ котораго упомянутый нами раньше ложный путь приводитъ къ закону равномѣрнаго распредѣленія энергіи. Въ самомъ дѣлѣ, если считать всѣ составныя части молекулы свободно движущимися и примѣнить къ нимъ уравненія движенія Гамильтона, то для вѣроятности W получится выраженіе вполнѣ аналогичное выраженію для одноатомнаго газа, но съ тою только разницею, что число степеней свободы молекулы будетъ представлено въ немъ не 3, а числомъ n, что непремѣнно приводитъ къ закону равномѣрнаго распредѣленія энергіи, т. е. къ явному противорѣчію съ опытомъ.

Поэтому въ этомъ мѣстѣ слѣдуетъ ввести поправку. Какъ ни заманчиво предположеніе, которое всегда дѣлалось до сихъ поръ, что уравненія движенія Гамильтона примѣнимы къ весьма тонкимъ и быстрымъ процессамъ внутри молекулы, или даже атома, все-же мы должны рѣшительно отъ него отказаться, какъ отъ ничѣмъ необоснованной экстраполяціи, и наоборотъ—признать, что въ молекулѣ число степеней свободы, опредѣляющихъ вѣроятность W, меньше, и часто значительно меньше, числа составныхъ частей молекулы. Это возможно только въ томъ случаѣ, если мы создадимъ себѣ совсѣмъ отличное отъ прежняго представленіе объ интра-молекулярныхъ явленіяхъ и придумаемъ гипотезу, цѣлью которой было-бы значительно ограничить число различныхъ возможныхъ состояній внутри молекулы. Разумѣется, провѣрить такую гипотезу можно только a posteriori, путемъ опыта, такъ какъ она касается чего-то совсѣмъ новаго. Впрочемъ, здѣсь допустима всякая гипотеза, поскольку она не противорѣчитъ основнымъ зако-

намъ физики. Но въ виду того, что до сихъ поръ мы еще такъ мало знаемъ о томъ, что происходитъ внутри молекулы, просторъ для фантазіи здѣсь великъ.

Одна изъ такихъ гипотезъ, соотвѣтственно понижающая число степеней свободы внутри молекулы, заключается въ предположеніи, что быстрыя колебанія, обусловливающія внутри молекулы поглощеніе и испусканіе лучистой теплоты, не могутъ обладать любымъ количествомъ энергіи, но наоборотъ ихъ энергія должна составлять непремѣнно кратное отъ конечнаго количества энергіи E, которое опредѣляется числомъ колебаній. Гипотеза эта даетъ для вѣроятности W того, что N молекулъ обладаютъ энергіею U, слѣдующее выраженіе

$$W = \frac{\left(\frac{U}{NE} + 1\right)^{\frac{U}{E} + N}}{\left(\frac{U}{NE}\right)^{\frac{U}{E}}},$$

откуда на основаніи уравненія (1) получаемъ слѣдующее соотношеніе между энергіею U и температурою T

$$U = \frac{NE}{e^{\frac{E}{kT}} - 1}.$$

Такъ какъ это выраженіе позволяетъ непосредственно вычислить интенсивность монохроматическаго лучеиспусканія для любой длины волны, то оно доступно провѣркѣ путемъ сравненія съ экспериментально установленными законами распредѣленія энергіи въ нормальномъ спектрѣ теплового лучеиспусканія. Опытъ всесторонне оправдалъ до сихъ поръ выведенное выраженіе при допущеніи, что E пропорціонально числу колебаній ν, $E = h\nu$, при чемъ

$$h = 6{,}55 \,.\, 10^{-27} \text{ эрг. сек.}$$

и

$$k = 1{,}346 \,.\, 10^{-16} \frac{\text{эрг.}}{\text{град.}}.$$

Отсюда очевидно, что о равномѣрномъ распредѣленіи энергіи здѣсь не можетъ быть и рѣчи, такъ какъ въ двухъ молекулахъ различной частоты колебаній ν среднія энергіи при одинаковой температурѣ различны. И только въ случаѣ весьма малой величины элемента энергіи E, т. е. для весьма медленныхъ колебаній, или-же когда температура весьма велика, получаемъ $U = NkT$—выраженіе, дающее то-же соотношеніе между энергіею и температурою, которое вычисляется изъ начала равномѣрнаго распредѣленія энергіи при допущеніи двухъ степеней свободы для кинетической и потенціальной энергіи. Въ общемъ, однако, законъ равномѣрнаго распредѣленія энергіи поколебленъ, и температура не всегда можетъ служить мѣрою средней энергіи молекулы.

Эйнштейнъ ввелъ дальнѣйшее предположеніе, что въ твердыхъ тѣлахъ колебательная энергія U молекулъ, помноженная вслѣдствіе трехъ возможныхъ направленій колебаній въ пространствѣ на 3, выражаетъ одновременно общую тепловую энергію тѣла, а Нернстъ провѣрилъ характерную формулу для удѣльной теплоты, вытекающую изъ этого предположенія, при помощи измѣреній при низкихъ температурахъ и нашелъ, что она по существу оправдывается, и это служитъ новымъ сильнымъ подтвержденіемъ гипотезы объ элементарныхъ количествахъ энергіи (Energiequanten).

Несмотря на то, что гипотеза эта до сихъ поръ прекрасно подтверждалась опытомъ, я считаю ее въ настоящей формѣ недостаточно совершенной. Предположеніе, что колебательная энергія U представляетъ кратное отъ E, приводитъ къ слѣдствію, что молекула можетъ измѣнять свою колебательную энергію только скачками, а это весьма трудно постигнуть; въ самомъ дѣлѣ, какимъ образомъ молекула изъ падающей радіаціи можетъ вдругъ поглощать цѣлый элементъ энергіи (Energiequantum) E; вѣдь для поглощенія изъ радіаціи конечнаго количества энергіи конечной интенсивности непремѣнно требуется конечный промежутокъ времени

Поэтому мнѣ кажется необходимымъ видоизмѣнить эту гипотезу (Quantenhypothese) такимъ образомъ, чтобы только эмиссія энергіи происходила скачками по законамъ вѣроятности кратными отъ элементовъ энергіи E, а абсорбція, на-

противъ, протекала совершенно непрерывно. Но на этомъ вопросѣ я не могу здѣсь останавливаться подробнѣе.

Если достоинствомъ гипотезы считать то, что она подтверждается не только для тѣхъ случаевъ, для которыхъ была спеціально придумана, но приноситъ пользу въ областяхъ, лежащихъ далеко за ихъ предѣлами, то гипотеза объ испусканіи энергіи опредѣленными конечными элементами заслуживаетъ, чтобы къ ней относились пока благосклонно. Предположеніе, что молекула испускаетъ свою колебательную энергію только кратными отъ опредѣленныхъ элементарныхъ количествъ E, будь это въ случаѣ чистаго лучеиспусканія энергіи, какъ въ тепловыхъ, Рентгеновскихъ, или γ-лучахъ, или-же въ случаѣ корпускулярнаго лучеиспусканія, какъ въ катодныхъ, α—и β-лучахъ—не только прекрасно оправдалось до сихъ поръ въ примѣненіи къ законамъ теплового лучеиспусканія, но привело также къ весьма точнымъ методамъ измѣренія элементарныхъ количествъ электричества и матеріи и дало ключъ къ пониманію теоремы Нернста въ термодинамикѣ. Оно, повидимому, имѣетъ основное значеніе для эмиссіи катодныхъ лучей, какъ напримѣръ въ фотоэлектрическомъ эффектѣ, и даже для таинственныхъ радіоактивныхъ явленій, съ которыми навсегда связаны имена Беккереля, Кюри и Рутерфорда.

Открываетъ-ли намъ дѣйствительно гипотеза испусканія энергіи кратными количествами (Quantenemission) всю истину? Утверждать это было-бы слишкомъ смѣло и близоруко. Но я всегда думаю, что гипотеза эта гораздо ближе къ истинѣ, чѣмъ начало равномѣрнаго распредѣленія энергіи, которое, впрочемъ, вытекаетъ изъ нея какъ ея частный случай, а это все, чего можно требовать вначалѣ отъ новой гипотезы. Окончательный-же приговоръ относительно ея научной цѣнности, какъ и во всѣхъ физическихъ вопросахъ, вынесетъ ея верховный судья—опытъ.

Второй Менделѣевскій съѣздъ.

Отдѣлъ методовъ преподаванія физики и химіи.

А. А. Зонненштраля.

1. Стремленіе школы возможно полнѣе удовлетворить насущныя потребности жизни вызвало въ наше время исключительную по своей энергіи творческую работу въ педагогической средѣ. Эта интенсивная работа связана съ назрѣвшей необходимостью создать новыя формы школы и вложить въ нее новое содержаніе путемъ реорганизаціи ея внутренняго строя, выбора и распредѣленія матеріала и подчиненія требованіямъ новѣйшей педагогики. Послѣдняя переживаетъ въ данный моментъ полное перерожденіе подъ вліяніемъ новыхъ методовъ трактованія основныхъ педагогическихъ принциповъ. На нашихъ глазахъ совершается переворотъ во взглядахъ на цѣли воспитанія и образованія, а также на условія ихъ достиженія,—переворотъ, о которомъ пока еще даже нельзя сказать, въ какомъ направленіи онъ будетъ разрѣшенъ. Дѣйствительно, трудно угадать, который изъ трехъ слѣдующихъ принциповъ будетъ положенъ въ основу педагогики: аналогія ли съ общими законами природы; интересы ли общества; или же, наконецъ, индивидуальность отдѣльныхъ лицъ. Такъ, пожалуй, можно въ конечномъ итогѣ формулировать сущность современныхъ педагогическихъ теченій, принимающихъ иногда крайне оригинальный эксцентрическій характеръ. Школа ищетъ новыхъ путей, задаваясь цѣлью, которая можетъ быть выражена въ такой формѣ: какъ при наименьшей затратѣ энергіи и времени учениковъ достигнуть максимума, какъ въ количествѣ пріобрѣтеннаго учениками важнаго фактическаго матеріала, такъ и въ размѣрѣ вліянія (соотвѣтственно тому или иному педагогическому направленію) на формирующійся разумъ человѣка. Такимъ образомъ наличность бурнаго процесса въ области

преподаванія естествознанія вообще и физики въ частности объясняется не только быстрымъ накопленіемъ фактовъ и грандіознымъ ростомъ идей въ сферѣ экспериментальныхъ наукъ, но и рѣзко измѣняющимися педагогическими воззрѣніями. За послѣднія нѣсколько лѣтъ учебная литература по физикѣ и химіи, и оригинальная русская, и переводная, небывало выросла у насъ. Въ этомъ характерно опредѣлился смыслъ совершающагося процесса. Обиліе учебниковъ, руководствъ по практическимъ занятіямъ, статей и пр., которымъ отмѣчено послѣднее пятилѣтіе, связано съ желаніемъ уяснить себѣ настоящее положеніе и найти руководящія нити въ этомъ лабиринтѣ педагогическихъ теченій. Методика физики лишь нарождается, а содержаніе и принципы ея пока неопредѣленны, такъ какъ авторы часто не отдаютъ себѣ яснаго отчета въ своихъ исходныхъ общихъ педагогическихъ принципахъ и заняты изслѣдованіемъ частныхъ вопросовъ. Если бы кто нибудь поставилъ своею цѣлью по печатнымъ матеріаламъ составить схему преподаванія физики (цѣли, планъ, методы, форма и т. д.) и набросать примѣрный перечень фактовъ, которые желательно сообщить учащимся, если бы такой изслѣдователь попытался при этомъ примирить существующіе взгляды, то онъ долженъ былъ бы остановиться передъ этой невыполнимой задачей. Дѣло въ томъ, что мнѣнія по каждому вопросу совершенно не установились не только въ общей массѣ, но даже и у отдѣльныхъ дѣятелей, которые зачастую вносятъ поправки къ своимъ положеніямъ или передѣлываютъ ихъ заново. Такъ какъ наша школа является главнымъ образомъ государственной и стремится къ однообразію, то возникаетъ настоятельная необходимость столковаться, хотя бы въ видѣ временной мѣры и въ наиболѣе важныхъ спорныхъ пунктахъ. Да и помимо этой государственной необходимости устный обмѣнъ мнѣній въ собраніи заинтересованныхъ лицъ ускоритъ выясненіе создавшагося положенія дѣлъ.

Вотъ чѣмъ слѣдуетъ объяснить то среди посѣтителей педагогической секціи минувшаго 2-го Менделѣевскаго Съѣзда оживленіе и тотъ подъемъ которые явились лишь яркимъ отраженіемъ изложеннаго процесса.

2. Во главѣ „Отдѣла методовъ преподаванія физики и химіи" стоялъ завѣдующій ею проф. О. Д. Хвольсонъ, такъ много работающій для дѣла правильной постановки преподаванія физики въ Россіи. Въ составъ бюро секціи вошли В. Н. Верховскій, Г. М. Григорьевъ, А. А. Добіашъ (секретарь), П. А. Знаменскій, Н. В. Каратѣевъ и С. И. Созоновъ (товарищъ предсѣдателя).

3. Прежде чѣмъ передать содержаніе докладовъ и постановленій, я считаю умѣстнымъ представить общую картину работъ секціи. Секція засѣдала пять дней и имѣла 7 засѣданій, изъ коихъ одно происходило совмѣстно съ отдѣломъ общей физики. За это время были заслушаны, кромѣ вступительнаго слова проф. О. Д. Хвольсона, 10 докладовъ слѣдующихъ лицъ: П. И. Вальдена, А. А. Добіаша, П. А. Знаменскаго, А. Р. Колли, В. В. Лермантова, Н. Н. Невѣровича, С. И. Созонова, О. Д. Хвольсона, Л. А. Чугаева и А. А. Эйхенвальда. Особенно продолжительныя пренія вызвали три доклада, посвященные преподаванію физики и химіи и постановкѣ практическихъ занятій. Бюро съѣзда кромѣ того организовало рядъ экскурсій во многія среднія и высшія учебныя заведенія и содѣйствовало устройству демонстрацій и выставокъ приборовъ, книгъ и иныхъ учебныхъ пособій, принадлежавшихъ различнымъ русскимъ и иностраннымъ торговымъ фирмамъ, а также частнымъ лицамъ.

4. Засѣданія секціи открылись вступительной рѣчью О. Д. Хвольсона, въ которой онъ изложилъ исторію возникновенія педагогическаго отдѣла при Менделѣевскомъ Съѣздѣ. Затѣмъ имъ было указано на неизбѣжную скромность въ размѣрахъ работы этого отдѣла въ виду того, что съѣздъ имѣетъ свои важныя цѣли. По словамъ проф. Хвольсона, починомъ организаціи педагогическаго отдѣла, не существовавшаго на 1-омъ Менделѣевскомъ съѣздѣ, мы обязаны дидактической комиссіи при Отдѣленіи Физики Русскаго Физико-Химическаго Общества. Въ заключеніе ораторъ выразилъ пожеланіе, чтобы въ возможно близкомъ будущемъ былъ созванъ спеціальный съѣздъ преподавателей физики и химіи.

5. На этомъ же засѣданіи отъ имени упомянутой дидактической комиссіи былъ прочитанъ съ нетерпѣніемъ

ожидавшійся докладъ г. Добіаша „Результаты работъ дидактической комиссіи при Отдѣленіи физики Р. Ф.-Х. О.“ Сообщеніе г. Добіаша требуетъ особеннаго вниманія. Каково бы ни было наше къ нему отношеніе, оно представляетъ собою несомнѣнно крупное событіе въ области преподаванія физики. Отсылая за деталями къ самому докладу, помѣщенному въ Дневникѣ Съѣзда (№ 8 стр. 82), мы ограничимся изложеніемъ существеннаго.

Комиссія состояла изъ представителей самыхъ разнообразныхъ заведеній, но задачу свою она ограничила рамками одного типа средне-учебныхъ заведеній, именно казенной мужской гимназіи, поставивъ себѣ цѣлью выработать для нея руководящія основанія, программу и инструкцію для преподаванія физики.

Предварительно былъ рѣшенъ въ утвердительномъ смыслѣ вопросъ о желательности и возможности такихъ нормъ въ наши дни. Утвердительный отвѣтъ былъ основанъ на двухъ соображеніяхъ. Во первыхъ, уже категорически опредѣлилась необходимость „въ замѣнѣ мѣловой физики—физикой экспериментальной“. Во вторыхъ, въ данный моментъ преподаваніе физики встрѣчается въ слишкомъ разнообразной формѣ, а общество, по словамъ докладчика, заинтересовано въ возможно скорѣйшей рутинизаціи преподаванія, такъ какъ однообразіе дѣлаетъ его болѣе доступнымъ для широкихъ массъ. Между прочимъ, намъ кажется эта мотивировка нѣсколько странной и натянутой. Неужели не является достаточнымъ стимуломъ для подобной работы простое желаніе разобраться въ накопившемся матеріалѣ къ реформѣ преподаванія физики, желаніе самимъ найти и помочь другимъ найти возможные основные принципы и соотвѣтственную каждому изъ нихъ постановку преподаванія?

Докладчикъ предупредилъ, что „комиссія ни въ какой мѣрѣ не расчитываетъ дать что либо новое. Естественно, что всякая нормировка должна дать,—нѣчто среднее, до извѣстной степени обезличенное“. Предлагаемое рѣшеніе комиссія не считаетъ единственно возможнымъ. „Цѣль наша, говоритъ докладчикъ, была дать не что либо индивидуальное и интересное, но нѣчто среднее, что шло бы лишь на нѣсколько шаговъ—но шаговъ вѣрныхъ—впередъ и за чѣмъ могли бы пойти многіе“.

Указавъ на значеніе физики въ общеобразовательной школѣ по ея содержанію и методу, докладчикъ перешелъ къ формѣ курса. Комиссія не признала удовлетворительной ни радіальную, ни концентрическую форму. Комиссіи кажется болѣе пригодной такая форма, при которой курсъ разбивается на двѣ ступени: 1-ая ступень—курсъ пропедевтическій, 2-ая— систематическій. Кстати сказать, ступени, предложенныя комиссіей, въ многомъ напоминаютъ ступени И. В. Глинки [1]).

Для пропедевтическаго курса комиссія находитъ наиболѣе подходящими гидростатику, аэростатику и теплоту, причемъ указываетъ на желательность ихъ изученія по методу лабораторныхъ уроковъ. Вторая ступень заключаетъ въ себѣ оптику, акустику, магнитизмъ и электричество и механику съ термодинамикой. „Роль механики, признаетъ докладчикъ, въ нашей программѣ выяснена недостаточно". „Въ пропедевтическомъ курсѣ сообщаются простѣйшія механическія понятія. Курсу оптики и акустики предпосылается глава о колебательномъ движеніи. Курсу электричества и магнитизма предпосылается глава о работѣ и потенціалѣ, наконецъ, въ послѣднемъ классѣ дается общая механическая схема—„ученіе о движеніи и силахъ". Принципъ сохраненія энергіи и 2-ой принципъ термодинамики составляютъ содержаніе заключительной главы курса.

Весь курсъ расчитанъ на 10 недѣльныхъ часовъ, причемъ намѣчены двѣ схемы ихъ распредѣленія по классамъ.

Схема А.

6-ой классъ—3 часа—Гидростатика, аэростатика и теплота.
7-ой „ 4 „ —Оптика, акустика, электричество и магнитизмъ.
8-ой „ 3 „ —Механика, термодинамика.

Схема В.

5-ый классъ—2 часа—Гидростатика, аэростатика и теплота.
6-ой „ 3 „ —Оптика, акустика.
7-ой „ 3 „ —Электричество и магнитизмъ.
8-ой „ 2 „ —Механика, термодинамика.

[1]) См. Ив. Глинка. „Опытъ по методикѣ физики". СПБ. 1911 г.

Далѣе, по мнѣнію комиссіи, курсъ долженъ быть экспериментальнымъ, т. е. во первыхъ, „новыя понятія должны вырабатываться въ сознаніи учениковъ путемъ экспериментальныхъ воспріятій“ и, во вторыхъ, „главное содержаніе должны составить опытные факты, а не ихъ теоретическое толкованіе“. Въ то же время комиссія рекомендуетъ извѣстную осторожность въ этомъ направленіи и предостерегаетъ отъ излишняго увлеченія. Кромѣ того, „будучи въ основаніяхъ своихъ экспериментальнымъ, курсъ физики, особенно въ старшихъ классахъ, долженъ приводить къ научнымъ обобщеніямъ“. Въ своемъ докладѣ комиссія нашла также нужнымъ сдѣлать рядъ замѣчаній медотическаго и дидактическаго характера объ экспертиментѣ, гипотезахъ, историческомъ элементѣ, техническихъ приложеніяхъ и о значеніи математики и графическихъ пріемовъ. Вопросъ о роли практическихъ занятій и методѣ ихъ веденія остался безъ отвѣта, такъ какъ этому былъ посвященъ докладъ г. Знаменскаго, о которомъ будетъ идти рѣчь ниже. Изложенный докладъ оставилъ въ слушателяхъ, какъ и предположилъ самъ докладчикъ, чувство нѣкоторой неудовлетворенности, вызванной самыми разнообразными причинами. Эта неудовлетворенность проявилась во время преній, состоявшихся при обсужденіи нижеслѣдующихъ тезисовъ доклада.

I. Желательно нормировать курсъ физики въ средней школѣ.

II. Въ курсѣ должны излагаться прежде всего: а) общіе физическіе законы, б) важнѣйшія техническія приложенія.

III. Метода физическаго изслѣдованія сама по себѣ обладаетъ высокимъ воспитательнымъ значеніемъ.

IV. И концентрическій, и радіальный курсы имѣютъ крупные недостатки. Слѣдуетъ разбить курсъ на 2 ступени:

а) методическое введеніе,

б) систематическій курсъ.

V. Лабораторный методъ преподаванія на первой ступени можетъ быть уже теперь нормированъ.

VI. Желательный порядокъ систематическаго курса: оптика и звукъ; электричество и магнитизмъ; механическое ученіе о теплотѣ; механика.

VII. Механику трудно помѣстить въ курсъ въ видѣ самостоятельной главы. Ее слѣдуетъ растворить въ курсѣ. Систематическое изложеніе возможно только на высшей ступени.

VIII. Химія должна быть выдѣлена въ самостоятельный предметъ. Преподаваніе ея, какъ вводной главы въ физикѣ, неправильно.

IX. Курсъ долженъ быть экспериментальнымъ, но экспериментъ долженъ быть средствомъ, а не цѣлью.

X. Физическій кабинетъ долженъ уступить мѣсто физической лабораторіи.

XI. Въ изложеніи господствующихъ въ физикѣ гипотезъ и теорій рекомендуется большая осторожность.

XII. Полное изгнаніе математики изъ курса физики нельзя считать правильнымъ.

Примѣненіе простѣйшихъ математическихъ пріемовъ должно быть расширено.

XIII. Въ задачахъ долженъ ярко выступать физическій элементъ.

Пренія коснулись главнымъ образомъ 4-го пункта. Во время нихъ обнаружилось, что комиссія сдѣлала прежде всего ошибку, не согласовавъ преподаванія физики съ преподаваніемъ прочихъ отдѣловъ естествознанія, какъ это, напримѣръ, сдѣлано въ новыхъ программахъ кадетскихъ корпусовъ. Сверхъ того, по мнѣнію нѣкоторыхъ ораторовъ, планъ комиссіи представляетъ собою въ замаскированномъ видѣ обыкновенную радіальную систему. Дебаты обнаружили еще одно любопытное обстоятельство: терминъ „концентрическій“ совершенно не опредѣленъ, и разными лицами въ него вкладывается различное содержаніе. Не соглашаясь съ идеей концентрическаго курса, комиссія привела многихъ въ недоумѣніе прежде всего тѣмъ, что не указала ясно, противъ чего она возстаетъ; къ сожалѣнію крайне скромный запасъ времени не позволилъ преніямъ по поводу доклада принять ясно выраженный характеръ. Намъ лично кажется, что основнымъ недостаткомъ доклада было желаніе „влить вино новое въ мѣха старые“, построить реформу, не выходя изъ общихъ рамокъ нынѣшней школы; мы рѣшаемся думать, что комиссія слишкомъ сузила свою задачу, отмежевавъ себѣ лишь область преподаванія физики внѣ связи ея съ

общимъ планомъ школьной работы. Съ точки зрѣнія современныхъ намъ педагогическихъ взглядовъ представляется несомнѣннымъ, что средняя школа (или ей аналогичное учрежденіе) должна прежде всего дать общее развитіе, и что каждый предметъ въ ней долженъ быть гармонично связанъ съ прочими, а объемъ его долженъ зависѣть отъ того значенія, которое придаетъ ему данный учебный планъ, соотвѣтствующій, въ свою очередь, положеннымъ въ его основу общимъ философскимъ принципамъ. Сообразно съ этимъ комиссіей, какъ намъ кажется, была допущена вторая ошибка. Какъ выразился г. Добіашъ, комиссія искала нѣкотораго средняго изъ мнѣній ея членовъ. Такое среднее абсолютно невозможно. Дѣйствительно, каждый изъ членовъ комиссіи невольно строилъ себѣ болѣе или менѣе отчетливую общую схему школы и предоставлялъ соотвѣтствующую роль въ ней физикѣ, а всякая такая схема, какъ мы уже говорили, непремѣнно должна имѣть своей канвой опредѣленные философскіе взгляды. Они прежде всего предопредѣляютъ общій контуръ учебнаго плана, затѣмъ программу отдѣльныхъ предметовъ и, наконецъ, методъ ихъ изученія. Вотъ чѣмъ слѣдуетъ объяснить недостаточную стройность самого доклада и перечня тезисовъ.

Главное, очень цѣнное значеніе доклада состоитъ въ томъ, что онъ представляетъ собою первую попытку вылить въ краткихъ формулахъ идеи, тонувшія, такъ сказать, въ морѣ словъ на засѣданіяхъ, бесѣдахъ, въ книгахъ и журнальныхъ статьяхъ. Такая работа особенно трудна и, указавъ на неизбѣжные недочеты, мы въ то же время отъ всей души привѣтствуемъ инициативу комиссіи.

6. Въ связи съ только что изложеннымъ докладомъ слѣдуетъ поставить весьма содержательное сообщеніе П. А. Знаменскаго „Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ". Въ немъ подробно обоснованы тезисы, напечатанные въ № 7 Дневника Съѣзда (стр. 21) и приводимые далѣе нами полностью въ виду ихъ большого интереса.

I. При изученіи физики въ средней школѣ долженъ быть возможно полнѣе проведенъ принципъ наглядности.

II. Классный экспериментъ преподавателя недостаточенъ; онъ долженъ быть во многихъ случаяхъ замѣненъ самостоя-

тельными работами учащихся въ физической лабораторіи, въ другихъ случаяхъ ими дополненъ.

III. Лабораторныя занятія—необходимый элементъ преподаванія физики въ средней школѣ. Отъ нихъ въ значительной мѣрѣ зависитъ правильное усвоеніе физическихъ знаній; они имѣютъ важное значеніе и для общаго развитія учащихся.

IV. Практическія занятія въ лабораторіи представляютъ методъ преподаванія, а потому они обязательны для всѣхъ изучающихъ физику, и для нихъ необходимо отвести время въ учебные часы.

V. Практическія занятія должны быть положены въ основу обученія, проходя черезъ весь курсъ физики.

VI. Практическія занятія въ средней школѣ не должны быть подражаніемъ лабораторнымъ занятіямъ въ высшей школѣ. Приборы для такихъ занятій должно быть особаго упрощеннаго типа.

VII. Большинство работъ должно носить количественный характеръ, но эти работы надо организовать такъ, чтобы ярко выступала качественная сторона явленій.

VIII. Если ученикамъ указанъ планъ работы и поставленъ рядъ вопросовъ, то возможны и работы чисто качественнаго характера.

IX. При постановкѣ работъ слѣдуетъ разнообразить методы ихъ выполненія, избѣгая варіантовъ, если послѣдніе не даютъ ничего новаго.

X. Работы должны сопровождаться составленіемъ отчетовъ, черченіемъ графикъ, указаніемъ на точность отдѣльныхъ измѣреній и вычисленіемъ абсолютной и относительной погрѣшности результата.

XI. Организацію занятій, когда ученики сами изготовляютъ приборы въ часы практическихъ занятій, нельзя признать цѣлесообразной.

XII. Система занятій на „одинъ фронтъ“ въ условіяхъ средней школы имѣетъ значительныя преимущества передъ системой „разныхъ работъ“. Особенно важна система „одного фронта“ на первыхъ порахъ изученія физики. „Фронтовая система“ можетъ быть осуществлена при сравнительно небольшихъ средствахъ.

XIII. Очень цѣлесообразной слѣдуетъ признать также „смѣшанную систему“, когда одновременно выставляются двѣ работы.

XIV. „Методъ лабораторныхъ уроковъ“, составляя дальнѣйшее развитіе системы „одного фронта“, съ методической стороны даетъ много цѣннаго и вполнѣ примѣнимъ на младшей ступени курса. Черезъ весь курсъ физики „методъ лабораторныхъ уроковъ“ не можетъ быть проведенъ.

Въ этомъ докладѣ, какъ и въ докладѣ дидактической комиссіи, мы наблюдаемъ отсутствіе указаній на то, какое назначеніе должны выполнить практическія занятія для достиженія школой ея цѣли. Въ зависимости отъ послѣдней центръ тяжести ихъ можетъ быть, напримѣръ, перенесенъ съ содержанія на методъ, который въ свою очередь можетъ принимать самыя разнообразныя формы, неразрывно связанныя съ точкой зрѣнія на общія задачи школы. Укажемъ хотя бы для примѣра на вражду между Бременской „художественной“ школой и Іенской „генетической“ школой Райна.

Если этотъ докладъ стремился лишь дать извѣстный палліативъ въ условіяхъ нынѣшней школы, то осталось непонятнымъ, къ какому типу ея онъ относился; повидимому, только къ кадетскимъ корпусамъ, а также къ тѣмъ немногимъ заведеніямъ (обыкновенно частнымъ), которыя обладаютъ правомъ создавать собственный учебный планъ. Этого требуетъ пунктъ 4-ый. Если же эти тезисы указываетъ на тѣ идеи, которыя надо имѣть въ виду при реорганизаціи учебныхъ программъ, то слѣдуетъ ли выдѣлять вопросъ о практическихъ занятіяхъ въ нѣчто обособленное отъ курса? [1]) Дебаты главнымъ образомъ были посвящены двумъ вопросамъ: обязательности практическихъ занятій и сравненію системъ „на одинъ фронтъ“ и „разныхъ работъ“.—Намъ казалось бы, что кромѣ того весьма желательно включить въ схему даннаго общаго вопроса разсмотрѣніе такой формы активной дѣятельности учениковъ, когда текущіе классные эксперименты производятся не преподавателемъ, а вызваннымъ ученикомъ на глазахъ у прочихъ.

---

[1]) См. напр, Fr. Dannemann. Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch—heuristischer Grundlage. Hannover und Leipzig. 1907.

7. Съ той точки зрѣнія, на которой мы стоимъ въ настоящемъ обзорѣ, особенный интересъ представлялъ небольшой рефератъ В. В. Лермантова „Выборъ опытовъ для практическихъ занятій учащихся по физикѣ". Авторъ резюмируетъ его содержаніе слѣдующимъ образомъ (курсивъ нашъ):

I. Въ большинствѣ сборниковъ опытовъ для учениковъ среднихъ учебныхъ заведеній критеріумомъ для выбора предлагаемыхъ опытовъ служила, повидимому, ихъ удобоисполнимость.

II. Теперь назрѣло время сдѣлать этотъ выборъ болѣе цѣлесообразно: возможные для учениковъ опыты слѣдуетъ раздѣлять на слѣдующіе отдѣлы:

a) Опыты для лучшаго ознакомленія съ *явленіями*, какъ электрическая искра, спектръ солнечнаго свѣта и т. п. явленія, не описуемыя для невидѣвшихъ ихъ на дѣлѣ.

b) Опыты для ознакомленія съ *законами явленій*, не въ видѣ абсурдной „повѣрки законовъ", а въ видѣ примѣровъ, какъ пользоваться ихъ знаніемъ *для предсказанія результатовъ опыта* или техническаго расчета.

c) Упражненія въ *пользованіи* и *вывѣркѣ* тѣхъ немногихъ физическихъ *приборовъ, которые получили постоянное примѣненіе въ практикѣ*, какъ напримѣръ: разные вѣсы, термометры, амперметры и т. п.

d) Разнообразные, удобоисполнимые опыты, пригодные какъ для ознакомленія съ явленіями, такъ и для упражненія въ примѣненіи законовъ.

e) Въ младшихъ классахъ на первомъ планѣ должны быть поставлены опыты отдѣла *a*; въ старшихъ—отдѣлъ *b*. Отдѣлъ *c* на первомъ планѣ можетъ стоять въ техническихъ и городскихъ училищахъ, а общеобразовательныхъ на второмъ планѣ. Опыты изъ отдѣла *d* слѣдуетъ вводить, если остается время, но они должны служить главнымъ образомъ для самодѣятельности учениковъ дома. Для этого учитель долженъ давать указанія и даже матерьяльныя средства для исполненія приборовъ учениками. А для контроля необходимо назначать особые часы, когда ученики могутъ приносить самодѣльные приборы и показывать ихъ дѣйствіе товарищамъ и учителю.

III. Какъ результатъ опыта качественнаго, не дающаго числа, слѣдуетъ требовать отъ учениковъ толковаго описанія того, что они видѣли. Эти описанія могутъ „зачитываться“ и въ числѣ упражненій по „словесности“, чѣмъ будетъ облегченъ трудъ учениковъ.

На словахъ почтеннаго докладчика отчетливо отразилась общая цѣль школы, какъ онъ ее понимаетъ и какъ онъ ее высказывалъ такъ горячо въ своихъ многочисленныхъ книгахъ и статьяхъ. Съ положеніями автора можно соглашаться или не соглашаться, но съ ними необходимо считаться, какъ съ чрезвычайно характерной деталью ясно обдуманнаго цѣлаго, съ которымъ они стройно и послѣдовательно согласованы.

8. На секціи лишь вскользь во время преній былъ затронутъ вопросъ о подготовкѣ преподавателей. Въ нѣкоторой связи съ нимъ стоялъ весьма интересный рефератъ проф. А. А. Эйхенвальда „О преподаваніи физики на Высшихъ Женскихъ Курсахъ въ Москвѣ“. Профессоромъ Эйхенвальдомъ на курсахъ организована подготовка будущихъ преподавательницъ физики. Она главнымъ образомъ касается техники классныхъ демонстрацій. Участницы семинарія изучаютъ основные техническіе пріемы при обработкѣ стекла, дерева и металла и т. д. и изготовляютъ простые приборы по предложеннымъ или самостоятельно придуманнымъ схемамъ. Опыты съ нѣкоторыми изъ такихъ приборовъ были продемонстрированы во время доклада и вызвали живѣйшій интересъ аудиторіи.

9. Глубокой благодарности заслуживаетъ бюро отдѣла, предложившее вниманію собравшихся нѣсколько рефератовъ, въ каждомъ изъ которыхъ излагалась эволюція той или иной основной идеи. На долю физики достались два доклада: О. Д. Хвольсона „Электрическія единицы“ и А. Р. Колли „Электрическія колебанія“.

10. Аналогичнымъ основному докладу по физикѣ явился докладъ г. С. И. Созонова „Къ вопросу о постановкѣ преподаванія химіи въ средней общеобразовательной школѣ“. Въ немъ были подвергнуты обсужденію слѣдующія положенія:

I. То количество времени, которое удѣляется на усвоеніе химическихъ свѣдѣній въ мужскихъ и женскихъ гимназіяхъ,

необходимо признать крайне незначительнымъ. При стоящемъ на очереди реформированіи средней общеобразовательной школы химія въ виду ея важной общеобразовательной роли должна быть выдѣлена, какъ самостоятельный учебный предметъ.

II. Выдѣляя химію въ качествѣ самостоятельнаго учебнаго предмета, нельзя отвести на нее меньше двухъ часовъ въ недѣлю въ одномъ изъ среднихъ классовъ (5-мъ или 6-мъ).

III. Желательно и цѣлесообразно веденіе практическихъ занятій параллельныхъ курсу химіи. Для таковыхъ къ двумъ часамъ уроковъ необходимо присоединить еще одинъ или два часа.

IV. Занятіямъ по аналитической химіи не мѣсто въ средней общеобразовательной школѣ: они требуютъ предварительнаго очень серьезнаго общаго курса химіи; имѣютъ спеціальное назначеніе; нуждаются въ большомъ количествѣ времени, безъ чего не имѣютъ значенія.

V. Какъ учебный предметъ, химію правильнѣе связывать съ физикой, а не съ описательнымъ естествознаніемъ, и выдвигать при ея преподаваніи цѣнность ея метода, опирающагося на экспериментъ и точный анализъ явленій.

Секція вполнѣ согласилась съ этими тезисами, а также съ заявленіемъ г. Созонова о невозможности теперь же намѣтить желательную программу курса химіи.

11. Химіи также достались два доклада, трактовавшіе условность основныхъ ея идей: проф. Л. А. Чугаевымъ было сдѣлано сообщеніе „О валентности" и академикомъ П. И. Вальденомъ прочтенъ рефератъ на тему „О законѣ сохраненія (вѣса) массы при химическихъ реакціяхъ". Глубокій по содержанію докладъ Вальдена цѣликомъ помѣщенъ въ № 8 Дневника Съѣзда, куда мы и отсылаемъ читателей.

12. Среди обсужденій и преній ораторами было высказываемо весьма много пожеланій, сочувственно принятыхъ всей аудиторіей. Особенно часто и настойчиво выражалось пожеланіе о скорѣйшемъ созывѣ съѣзда преподавателей физики и химіи. Затѣмъ выражались пожеланія найти въ будущихъ программахъ лишь минимумъ матеріала безъ распредѣленія по классамъ и безъ лишенія преподавателя права

иниціативы, пожеланія объ установленіи связи между преподаваніемъ физики и преподаваніемъ другихъ предметовъ естествознанія, пожеланія о введеніи обязательныхъ практи ческихъ занятіяхъ и т. д. Оффиціальное же постановленіе, утвержденное и зарегистрированное заключительнымъ общимъ собраніемъ съѣзда, коснулось лишь химіи и было выражено въ слѣдующихъ словахъ: „Дидактическій отдѣлъ выражаетъ пожеланіе, чтобы химія была введена въ качествѣ самостоятельнаго предмета преподаванія во всѣхъ типахъ общеобразовательныхъ школъ".

13. Посѣщеніе выставокъ и демонстрацій и участіе въ экскурсіяхъ являлось весьма важнымъ дополненіемъ къ занятіямъ отдѣла. Въ зданіи физическаго института Университета были выставлены самодѣльные приборы Б. Ю. Кольбе и слушательницъ Московскихъ высшихъ женскихъ курсовъ, приборы В. В. Лермантова, Пономарева, Невѣровича и др. Тамъ же болѣе десятка фирмъ устроили выставки учебныхъ пособій. Изъ экскурсій слѣдуетъ отмѣтить посѣщенія Женскаго Педагогическаго Института, Высшихъ Женскихъ Курсовъ, Тенишевскаго Училища, Гимназіи Май и Земской Учительской Школы.

Въ Педагогическомъ Институтѣ были, между прочимъ, показаны интересные приборы, монтированные самими слушательницами для преподаванія въ средней школѣ. Занятія по методикѣ физики вводятся проф. А. Л. Корольковымъ и уже достигли значительнаго развитія. Подобнаго же рода занятія настроены проф. Капустинымъ на Бестужевскихъ Высшихъ Женскихъ Курсахъ. Много толковъ возбудилъ осмотръ Тенишевскаго училища, обладающаго большими средствами, прекрасно оборудованнымъ помѣщеніемъ и превосходно организованными практическими занятіями. Не мало вниманія удѣлили члены секціи также постановкѣ практическихъ занятій въ гимназіи Май у г. Индриксона, показавшаго много собственныхъ приборовъ и техническихъ деталей и приспособленій. Наконецъ, необыкновенно поучительно было посѣщеніе Учительской Школы СПБ. Земства, гдѣ извѣстный талантливый педагогъ Н. С. Дрентельнъ далъ великолѣпный урокъ того, какъ можно при крайне ничтожныхъ затратахъ и при самой примитивной обстановкѣ про-

демонстрировать рядъ основныхъ физическихъ явленій. Передъ глазами зрителей прошло много весьма остроумныхъ и яркихъ опытовъ, продѣланныхъ съ помощью дешевенькихъ банокъ, проволокъ и даже черепковъ.

14. Мы не ошибемся, если скажемъ, что посѣтители Педагогической секціи простились съ ней съ чувствомъ глубокой благодарности къ устроителямъ и къ съѣзду, пріютившему ее у себя. Мы вѣримъ, что не за горами и съѣздъ преподавателей физики, подобный недавнему съѣзду преподавателей математики. Мы надѣемся, что работы этого съѣзда явятся прологомъ къ слѣдующему болѣе широкому дѣлу, когда представители самыхъ разнообразныхъ областей естествознанія сообща станутъ работать надъ планомъ и программами обученія подростающаго поколѣнія. Опытъ Запада— тому порука [1]).

Кіевъ.

---

[1]) См. напр. A. Gutzmer. Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. Leipzig. 1908.

Памяти Н. Н. Бекетова.

Некрологъ.

Д. М. Марголина.

Скончавшiйся 2 декабря 1911 г. въ глубокой старости академикъ Николай Николаевичъ Бекетовъ былъ одной изъ самыхъ яркихъ звѣздъ въ блестящей плеядѣ русскихъ химиковъ, однимъ изъ корифеевъ русской химической науки, прославившимъ и возвеличившимъ эту науку, созданную 200 лѣтъ назадъ генiемъ Ломоносова, своими замѣчательными открытiями и классическими работами. Покойный оставилъ послѣ себя свѣтлое имя и прекрасную память не только какъ ученый, но и просто какъ человѣкъ. До самыхъ послѣднихъ дней своей долгой жизни (онъ скончался 86-и лѣтъ отъ роду) онъ не утратилъ своего обаятельнаго отношенiя къ людямъ.

Н. Н. Бекетовъ родился 1 января 1827 г. въ деревнѣ своего отца, моряка Николая Алексѣевича; воспитывался въ первой петербургской гимназiи; въ 1844 г. поступилъ въ С.-Петербургскiй университетъ, но съ 3-го курса перешелъ въ Казанскiй университетъ, гдѣ въ 1849 г. получилъ степень кандидата естественныхъ наукъ. Переѣхавъ затѣмъ въ Петербургъ, онъ сталъ заниматься химiей подъ руководствомъ извѣстнаго въ то время ученаго химика-органика, проф. Н. Н. Зинина. Въ 1854 г. Н. Н. получилъ степень магистра химiи и въ слѣдующемъ году былъ назначенъ адъюнктомъ по каѳедрѣ химiи въ Харьковскiй университетъ, въ которомъ, въ качествѣ профессора химiи, оставался 32 года, до 1887 г., когда былъ избранъ ординарнымъ академикомъ Императорской академiи наукъ по чистой химiи. Въ томъ-же году онъ переѣхалъ на постоянное жительство въ С.-Петербургъ. Въ 1887—89 г.г. Н. Н. преподавалъ химiю Е. И. В. Наслѣднику Цесаревичу, нынѣ благополучно царствующему Госу-

дарю Императору. Кромѣ того, онъ читалъ много лѣтъ подъ рядъ лекціи на Высшихъ женскихъ курсахъ. Свою научно-академическую дѣятельность онъ соединялъ съ дѣятельностью общественной и въ теченіе ряда лѣтъ состоялъ предсѣдателемъ Русскаго физико-химическаго общества и товарищемъ предсѣдателя Императорскаго вольно-экономическаго общества. Въ послѣднее время Н. Н., несмотря на свои преклонные годы, являлся также однимъ изъ организаторовъ и дѣятельныхъ участниковъ Менделѣевскихъ химико-физическихъ съѣздовъ, состоя предсѣдателемъ организаціоннаго комитета этихъ съѣздовъ.

Какъ химикъ, Н. Н. Бекетовъ особенно славился своими изслѣдованіями въ области физической химіи. До Бекетова эта область науки у насъ была почти неизвѣстна. Онъ первый сталъ читать въ Харьковскомъ университетѣ физико-химію, которая теперь разрослась въ обширную область знаній.

Черезъ всю научную дѣятельность Бекетова проходитъ яркой нитью одно направленіе—химика-философа. Стараясь проникнуть всегда въ существо тѣхъ темныхъ процессовъ, которые называются химическими, онъ никогда не добывалъ ни одного новаго факта ради самаго факта. Въ то время, какъ огромное большинство химиковъ Западной Европы занималось открываніемъ новыхъ тѣлъ, новыхъ соединеній, въ то время, когда органическая химія представляла непочатый край для новыхъ открытій и химическіе журналы должны были съ каждымъ мѣсяцемъ увеличиваться въ объемѣ въ 3—4 раза и все-же не могли вмѣщать всей массы фактическихъ изслѣдованій, производимыхъ во всѣхъ концахъ Европы,—въ это именно время Н. Н. Бекетовъ, не увлекаясь моднымъ теченіемъ, не соблазняясь жаждой открытія новыхъ фактовъ, медленно шелъ по трудному пути теоретической химіи и стремился къ разрѣшенію общихъ вопросовъ химической статики и динамики. И въ этой области онъ сдѣлалъ рядъ въ высшей степени интересныхъ изслѣдованій и важныхъ открытій.

Первымъ крупнымъ научнымъ трудомъ покойнаго, затронувшимъ и освѣтившимъ вопросъ о таинственной силѣ „химическаго сродства“, была его докторская диссертація:

„Изслѣдованія надъ явленіями вытѣсненія однихъ элементовъ другими“. Въ этой замѣчательной работѣ Н. Н. установилъ зависимость между взаимнымъ вытѣсненіемъ элементовъ въ химическихъ соединеніяхъ и ихъ атомнымъ вѣсомъ, показавъ, что наиболѣе прочно соединяются между собою тѣ вещества, которыя обладаютъ наибольшею близостью паевъ. Указанное изслѣдованіе было сообщено Бекетовымъ въ Химическомъ обществѣ въ Парижѣ еще въ 1859 году, а на русскомъ языкѣ появилось въ 1865 году.

Исходя изъ такого принципа, Н. Н. старался подтвердить его опытами и произвелъ цѣлый рядъ цѣнныхъ и любопытныхъ наблюденій. Такъ, онъ доказалъ путемъ опыта, что алюминій не вытѣсняетъ барія изъ его хлористаго соединенія, но вытѣсняетъ его изъ окиси, что едва-ли можно было предвидѣть, не исходя изъ того принципа, котораго держался Бекетовъ. Такимъ образомъ, первая идея о зависимости силы сродства химическихъ элементовъ отъ той величины, которая называется въ химіи и физикѣ „атомнымъ вѣсомъ“, принадлежитъ безспорно Н. Н. Бекетову. Эти обобщенія, сдѣланныя Бекетовымъ, были предвѣстниками того ряда широкихъ умозрѣній, которыя впослѣдствіи (въ 1869 г.) вылились въ знаменитую естественную систему элементовъ Д. И. Менделѣева. Съ 1875 г. Н. Н. сталъ интересоваться вопросами термохиміи, и въ результатѣ своихъ изслѣдованій ему удалось установить новую точку зрѣнія на сущность и значеніе термохимическихъ процессовъ. Онъ именно установилъ тотъ принципъ, что количество тепла, выдѣляемое при химическомъ соединеніи данныхъ простыхъ тѣлъ, не можетъ служить мѣрою ихъ сродства, а представляетъ разность между сродствами однородныхъ и сродствами разнородныхъ атомовъ. Этотъ взглядъ былъ иллюстрированъ примѣрами (ацетиленъ и др.) и изложенъ Бекетовымъ въ засѣданіи Химическаго общества въ Харьковѣ. Абсолютно тождественный взглядъ былъ позже высказанъ нѣмецкимъ химикомъ I. Томсеномъ (I. Thomsen). Наконецъ, третій весьма важный выводъ, приписываемый обыкновенно Мюллеру-Эрцбаху (Müller-Erzbach) и состоящій въ томъ, что если металлъ *A* вытѣсняетъ другой металлъ *B* изъ его соединенія съ веществомъ *C*, то сумма объемовъ получаемыхъ веществъ въ твердомъ

состоянiи меньше суммы объемовъ взятыхъ веществъ,—принадлежитъ также Бекетову. Въ вышеназванной своей работѣ Бекетовъ опредѣленно говоритъ: „Разсматривая случаи вытѣсненiя одного элемента другимъ, невольно, можно сказать, поражаешься однимъ почти постояннымъ условiемъ реакцiи, именно тѣмъ, что менѣе плотное тѣло вытѣсняетъ болѣе плотное".

Вотъ каковы важнѣйшiя идеи, введенныя Н. Н Бекетовымъ въ химическую науку.

Фактическiя открытiя Н. Н. также всегда представляли большой интересъ. Всѣ химики знаютъ, что чистыхъ окисей щелочныхъ металловъ до Бекетова никто не имѣлъ. А кто изъ химиковъ не знаетъ въ высшей степени остроумнаго способа Бекетова для опредѣленiя теплоемкости водорода въ его сплавѣ съ палладiемъ и пр.? Но не въ этихъ фактахъ лежитъ центръ тяжести работъ Бекетова,—онъ лежитъ въ тѣхъ обобщенiяхъ и умозрѣнiяхъ, ради обоснованiя которыхъ эти факты добывались. Вся сила его, какъ ученаго химика, коренится именно въ научномъ провидѣнiи и въ тончайшихъ изслѣдованiяхъ первопричинъ химическихъ явленiй.

Н. Н. Бекетовъ оставилъ послѣ себя свыше 80-и печатныхъ трудовъ по разнымъ отраслямъ химiи и физики, и во всѣхъ его ученыхъ сочиненiяхъ поражаютъ его глубокiй философскiй умъ, широкiй научный взглядъ и тонкая логическая критика. За свои ученыя заслуги онъ былъ избранъ почетнымъ членомъ Харьковскаго университета и цѣлаго ряда ученыхъ обществъ.

Будучи первоклассным ученымъ, Н. Н. никогда не оставался чуждымъ общественной жизни, и многiя просвѣтительныя учрежденiя г. Харькова обязаны ему своимъ существованiемъ. Въ Харьковскомъ университетѣ покойный создалъ нѣсколько новыхъ учрежденiй, а одновременно съ профессурой онъ принималъ большое участiе и въ городской дѣятельности. Ему-же, между прочимъ, принадлежитъ устройство первой народной школы въ Харьковѣ, онъ былъ также однимъ изъ основателей публичныхъ лекцiй, систематически читавшихся въ Харьковскомъ университетѣ.

Какъ человѣкъ, Н. Н. отличался глубокой сердечностью и человѣколюбіемъ въ самомъ высокомъ значеніи и смыслѣ этого слова. Онъ былъ кумиромъ молодежи, которой помогалъ и словомъ, и дѣломъ. Въ жизни это былъ идеалистъ чистѣйшей воды, благородный рыцарь знанія и вдохновенный искатель истины, обладавшій даромъ глубокаго, почти чудодѣйственнаго проникновенія и провидѣнія въ области науки.

Доживши до почтенной старости, Бекетовъ не утерялъ этихъ чертъ, и до послѣднихъ лѣтъ все, касающееся интересовъ учащагося юношества, его глубоко трогало и занимало, почему онъ и пользовался особенной любовью всей учащейся молодежи и ея друзей. Въ 1907 году товариществомъ „Знаніе" былъ изданъ сборникъ популярныхъ бесѣдъ и публичныхъ лекцій покойнаго подъ общимъ заглавіемъ: „Рѣчи химика". Этотъ сборникъ показываетъ, что Н. Н. былъ не только великимъ ученымъ, но и блестящемъ популяризаторомъ научныхъ знаній.

Проф. Лагермаркъ говоритъ по адресу Н. Н. Бекетова такъ:

„Передъ нами ученый въ настоящемъ смыслѣ этого слова, вооруженный не только знаніемъ, но и тонкой логической критикой, глубокимъ философскимъ умомъ и тѣмъ широкимъ всеобъемлющимъ научнымъ взглядомъ, который есть достояніе только истиннаго ученаго". Не будетъ поэтому нисколько преувеличеніемъ, если скажемъ, что въ исторіи русской химической науки имя Бекетова займетъ мѣсто рядомъ съ славными именами Бутлерова и Менделѣева.

Кіевъ.

Новаго типа дуговыя лампы съ ртутнымъ катодомъ и бѣлымъ свѣтомъ.

Е. Урбена, К. Скаля и А. Фежа.

Мы изучали свѣтовые источники съ цѣлью производства ультра-фіолетовыхъ лучей.

Извѣстно, что для всѣхъ свѣтовыхъ источниковъ, приближающихся къ интегральному радіатору, важно получить

температуру, какъ можно болѣе высокую (законы Стефана и Вина). Чтобы получить очень высокую температуру, мы обратились къ электрической дугѣ и заставили ее вспыхивать между двумя электродами изъ вольфрама, очень тугоплавнаго металла, спектръ котораго состоитъ изъ сжатыхъ линій и простирается такъ далеко, что его можно было измѣрить въ ультра-фіолетовой области.

Мы убѣдились, что невозможно заставить вспыхивать дугу между двумя электродами изъ вольфрама, когда приходится дѣйствовать въ инертномъ газѣ. Слабый слѣдъ кислорода облегчаетъ вспышку, но при этомъ образуются кислоты, пачкающія стеклянныя стѣнки шара, въ которомъ производится опытъ.

Вслѣдствіе этого мы стали изучать дѣйствіе различныхъ металловъ, помѣщенныхъ на отрицательномъ электродѣ, сохраняя анодъ изъ вольфрама, и мы остановились въ концѣ концовъ на ртути, оперируя въ пустотѣ или въ инертномъ газѣ и удерживая разстояніе между обоими электродами приблизительно въ 5 мм.

Въ существующихъ уже лампахъ съ парами ртути и желѣзнымъ анодомъ разстояніе, раздѣляющее катодъ отъ анода, сравнительно значительно; трубка испускаетъ энергію по всей своей длинѣ, пары ртути становятся свѣтящимися, а анодъ остается холоднымъ. Приближая желѣзный анодъ на нѣсколько мм. къ ртути, какъ мы это дѣлаемъ съ вольфрамомъ, мы производимъ настоящую дугу, но желѣзо, доведенное до очень высокой температуры, плавится.

Употребленіе электрода изъ вольфрама позволяетъ образовать дугу, въ которой ртуть только облегчаетъ зажиганіе. Этотъ электродъ доводится до накаливанія при самыхъ лучшихъ условіяхъ, которыя только можно получить въ настоящее время, и переносъ металла, изъ котораго состоитъ положительный электродъ, на отрицательный электродъ не кажется чувствительнымъ, что необходимо съ точки зрѣнія продолжительности дѣйствія.

Отдача нашей лампы особенно высока (0,45 аутта на свѣчу); она дѣйствуетъ при разности потенціала въ 12 вольтъ, но увеличивая давленіе при помощи инертнаго газа, можно поднять напряженіе.

Изслѣдуя спектръ этого новаго источника свѣта, мы видимъ, что онъ состоитъ изъ непрерывнаго очень свѣтлаго спектра, на который накладываются ртутныя линіи. Въ непрерывномъ спектрѣ интенсивный синій цвѣтъ усиленъ еще линіями ртути, вслѣдствіе чего оттѣнокъ этого свѣта приближается къ свѣту солнца. Такимъ образомъ получается источникъ очень бѣлаго свѣта, который пригоденъ для освѣщенія; заключенный въ кварцевую оболочку, онъ можетъ служить очень сильнымъ и очень дешевымъ источникомъ ультрафіолетовыхъ лучей. (Comptes Rendus, T. 152, 1911).

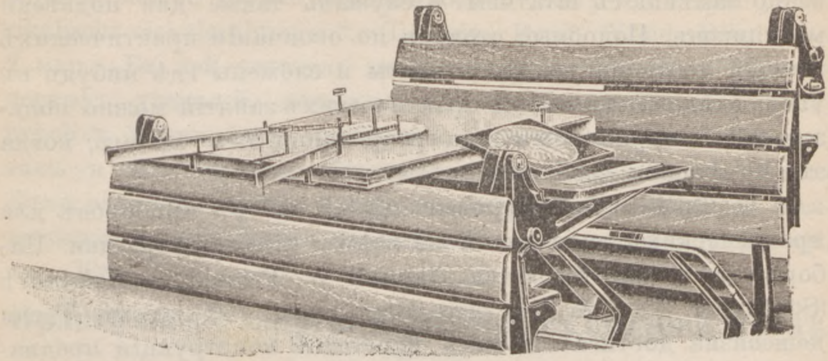
Устройство дешевой лабораторіи.

А. J. Дмитріева.

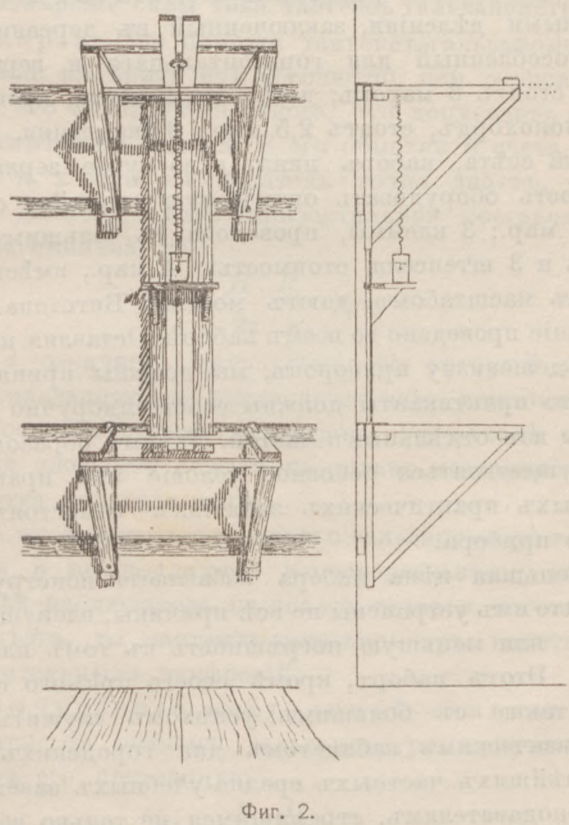
Первымъ препятствіемъ, на которое наталкивается преподаватель, желающій устроить практическія занятія, является обыкновенно отсутствіе свободнаго помѣщенія. Практиканты ютятся или около экспериментальнаго стола въ физическомъ классѣ, или въ самомъ кабинетѣ. Послѣднее явленіе совершенно ненормально.

Выходъ изъ такого затруднительнаго положенія предлагаетъ О. Фрей, преподаватель учительской семинаріи въ Лейпцигѣ. Если въ распоряженіи учителя имѣется отдѣльный физическій классъ, оборудованный узкими наклонными скамьями, тогда возможно подогнать къ нимъ достаточно широкую доску, снабженную тремя уравнительными винтами (фиг. 1). Такая доска для неособенно сложныхъ упражненій вполнѣ замѣняетъ горизонтальный столъ и отличается удобоподвижностью. Если есть свободный, достаточно хорошо освѣщенный простѣнокъ, тогда можно устроить подвѣсные столики. Вдоль стѣны, на разстояніи 3 мм. отъ нея, укрѣпляются винтами параллельныя крѣпкія планки такъ, что верхняя находится на высотѣ 1 м. отъ пола, а нижняя—на высотѣ 0,7 м. (фиг. 2). На верхнюю планку съ помощью металлическихъ крючковъ надѣвается деревянный кронштейнъ, снабженный съемной доской. Подобная установка выдержи-

ваетъ нагрузку до 60 кгр. На высотѣ 2 м. устраивается вто-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

рой рядъ такихъ столиковъ. Въ то время какъ нижніе вы-

полняютъ роль экспериментальнаго стола, верхніе—обыкновенно замѣняютъ штативы и служатъ также для подвѣски маятниковъ. Подобные столики по окончаніи практическихъ занятій легко могутъ быть сняты и сложены гдѣ нибудь въ углу; слѣдовательно, для практическихъ занятій можно пользоваться корридоромъ или рекреаціоннымъ заломъ, когда эти помѣщенія свободны.

О. Фрей сконструировалъ цѣлый наборъ приборовъ для практическихъ упражненій по всѣмъ отдѣламъ физики. Наборъ этотъ изготовляется фирмой W. Petzold въ Лейпцигѣ (Schönauer Weg, № 6) и обходится около 250 марокъ. Такая дешевизна достигается какъ простотой конструкціи предлагаемыхъ аппаратовъ, такъ и полнѣйшимъ расчлененіемъ ихъ на составныя части. Зеркальный масштабъ въ 1 метръ съ миллиметровыми дѣленіями, заключенный въ деревянную раму и приспособленный для горизонтальнаго и вертикальнаго отсчета, стоитъ 6 марокъ; добавочныя части, превращающія его въ монохордъ, стоятъ 2,5 мар.; 3 скамеечки, ящикъ для источника свѣта, наборъ линзъ и вогнутое зеркало даютъ возможность оборудовать оптическую скамейку стоимостью въ 12,50 мар.; 3 клеммы, проволока съ большимъ сопротивленіемъ и 3 штепселя стоимостью 4 мар., вмѣстѣ съ зеркальнымъ масштабомъ, даютъ мостикъ Витстона. Подобное расчлененіе проведено во всемъ наборѣ. Оставляя на время въ сторонѣ дешевизну приборовъ, мы должны принять во вниманіе, что практиканты должны собственноручно составлять аппараты изъ отдѣльныхъ частей. Такимъ образомъ можетъ легко осуществляться основное условіе при правильно поставленныхъ практическихъ занятіяхъ—самостоятельное составленіе прибора.

Небольшая цѣна набора избавляетъ конструктора отъ упрека, что имъ устранены не всѣ причины, влекущія за собою большую или меньшую погрѣшность въ томъ или другомъ приборѣ. Этотъ наборъ, кромѣ своего прямого назначенія, можетъ также съ большимъ успѣхомъ служить простѣйшимъ физическимъ кабинетомъ для городскихъ училищъ или бѣднѣйшихъ частныхъ средне-учебныхъ заведеній.

Преподавателямъ, стремящимся не только ввести практическія занятія по физикѣ, но и пріучить дѣтей къ само-

стоятельному производству простѣйшихъ физическихъ приборовъ, можно горячо рекомендовать книгу O. Frey'я „Physikalische Schülerübungen", (Leipzig, Ernst Wunderlich, 1910. 2 мар.). Въ ней читатель найдетъ много цѣнныхъ практическихъ указаній, детально разработанныя схемы для постройки физическихъ приборовъ, какъ изъ волнистой бумаги, такъ и изъ самыхъ общедоступныхъ матеріаловъ. Книга Фрея служитъ также прекраснымъ руководствомъ для наилучшаго использованія указаннаго нами набора аппаратовъ.

Кіевъ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ.

VI. Электричество.

24. Измѣреніе силы тока тангенсъ-гальванометромъ.

1. Теорія. При помощи тангенсъ-гальванометра силу тока i можно измѣрить или абсолютно, или относительно.

Если его конструкція такова, что допускаетъ непосредственное измѣреніе радіуса R его обмотки и счета числа ея оборотовъ n, и если наблюдатель точно знаетъ, чему равняется въ данномъ мѣстѣ горизонтальная составляющая H земного магнинизма, то

$$i = \frac{H \cdot R}{2\pi \cdot n} \cdot tg\alpha, \qquad (1)$$

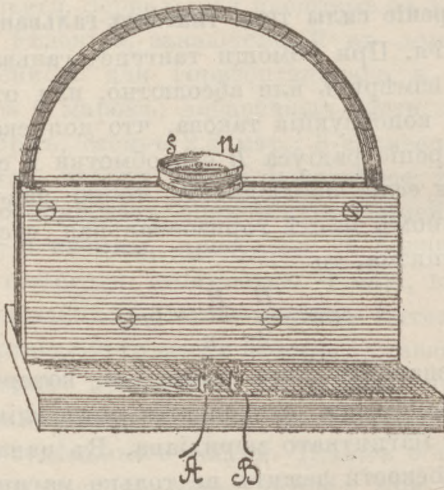
причемъ α означаетъ тотъ уголъ, на который магнитная стрѣлка гальванометра отклоняется подъ вліяніемъ тока i отъ плоскости магнитнаго меридіана. Въ началѣ опыта въ этой самой плоскости лежитъ не только магнитная стрѣлка, но и обмотка гальванометра.

Если же конструкція даннаго гальванометра такова, что ни R, ни n не поддаются непосредственному измѣренію, или-же если наблюдатель не знаетъ точнаго значенія H для даннаго мѣста, то тангенсъ-гальванометръ годится только для относительныхъ измѣреній.

2. Вычисленіе постоянной гальванометра. Для работы съ любымъ гальванометромъ нужно прежде всего знать его постоянную

$$C = \frac{R \cdot H}{2\pi \cdot n}. \qquad (2)$$

Въ качествѣ очень простого, но дающаго удовлетворительные результаты гальванометра я опишу здѣсь полученный мною отъ фирмы Крюссъ въ Гамбургѣ и сдѣланный по образцу видѣннаго мною у проф. Гримзеля. Этотъ гальванометръ изображенъ на фиг. 37-й; онъ состоитъ изъ $n = 15$ оборотовъ изолированной проволоки, связанной въ кругъ радіуса $R = 10$ см.; кругъ укрѣпленъ вертикально между двумя деревянными досками, а оба конца обмотки присоединены къ зажимамъ A и B. Въ центрѣ круга лежитъ простая магнитная буссоль, раздѣленная черезъ каждые 2^0, со стрѣлкою въ 2,8 см. длиною, вращающеюся на агатовой шапочкѣ; отсчеты угловъ α дѣлаются при помощи лупы и оцѣниваются до 1^0.



Фиг. 37.

На основаніи этихъ данныхъ и формулы (2)—можно вычислить постоянную C, если извѣстна величина H. Принимая ее въ моментъ производства описываемыхъ здѣсь опытовъ, именно въ 1910 г., за $H = 0, 212$, мы найдемъ, что

$$C = \frac{H \cdot R}{2\pi \cdot n} = \frac{0{,}212 \cdot 10}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 15} = 0,\ 0225. \qquad (3)$$

Нужно, однако, замѣтить, что въ ур. (1) сила тока i измѣряется въ теоретическихъ электромагнитныхъ единицахъ, а не въ практическихъ, амперахъ, и что одна электромагнитная единица силы тока въ 10 разъ больше ампера.

Поэтому, если мы желаемъ пользоваться тангенсъ-гальванометромъ для измѣренія силы тока въ амперахъ, найденное значеніе постоянной C необходимо увеличить въ 10 разъ и написать

$$C = \frac{10 \,.\, H \,.\, R}{2\pi \,.\, n} = 10 \,.\, 0{,}0225 = 0{,}225. \qquad (4)$$

3. Точность постоянной C. Точность, съ которою найдена эта постоянная, играетъ важную роль въ дальнѣйшей работѣ, а потому попытаемся опредѣлить ее. Согласно формулѣ (3), максимальная относительная ошибка C есть

$$\frac{\delta C}{C} = \frac{\delta R}{R} + \frac{\delta H}{H}, \qquad (5)$$

а это показываетъ намъ, что R и H мы должны знать съ одинаковою степенью погрѣшности. Полагая, что въ данномъ случаѣ $\delta R = 1$ мм., относительняя ошибка

$$\frac{\delta R}{R} = \frac{1}{100} = 0{,}01;$$

слѣдовательно, и горизонтальную составляющую H намъ нужно знать до 0,01 ея величины.

Обращаясь къ извѣстнымъ таблицамъ: „Physikalisch—Chemische Tabellen von Landolt—Börnstein. Berlin. 1905“, мы находимъ на стр. 794-й рядъ значеній H, расположенныхъ по широтѣ φ мѣста наблюденія и по его долготѣ λ. Для Кіева $\varphi = 50^0{,}5$ и $\lambda = 30^0{,}5$, а потому на 1905-й годъ

$$H = 0{,}2115.$$

Но H мѣняется ежегодно такъ, что ея годовое приращеніе въ теченіе ближайшихъ лѣтъ равно

$$\Delta H = 0{,}00023 - 0{,}000006\ (\varphi - 50^0) - 0{,}000004\ (\lambda - 10^0).$$

Слѣдовательно, для Кіева въ теченіе одного года

$$\Delta H = 0{,}00015,$$

а въ теченіе пяти лѣтъ, отъ 1905 г. до 1910 г.,

$$\Delta H = 0{,}00075.$$

Такимъ образомъ вѣроятное значеніе H въ Кіевѣ въ 1910 г. было

$$H = 0{,}2115 + 0{,}00075 = 0{,}21225$$

единицы Гаусса.

Мы уже сказали немного раньше, что относительная погрѣшность $\frac{\delta H}{H}$ должна быть равна относительной погрѣшности $\frac{\delta R}{R} = 0{,}01$. Поэтому намъ достаточно положить $H = 0{,}212$ и $\delta H = 0{,}002$. За большую точность трудно и поручиться, такъ какъ H въ комнатахъ имѣетъ не ту величину, что на свободномъ воздухѣ, вдали отъ зданій и желѣза.

Резюмируя все сказанное и опираясь на ур. (5), мы можемъ сказать, что въ данномъ случаѣ максимальная относительная погрѣшность

$$\frac{\delta C}{C} = 0{,}02. \tag{6}$$

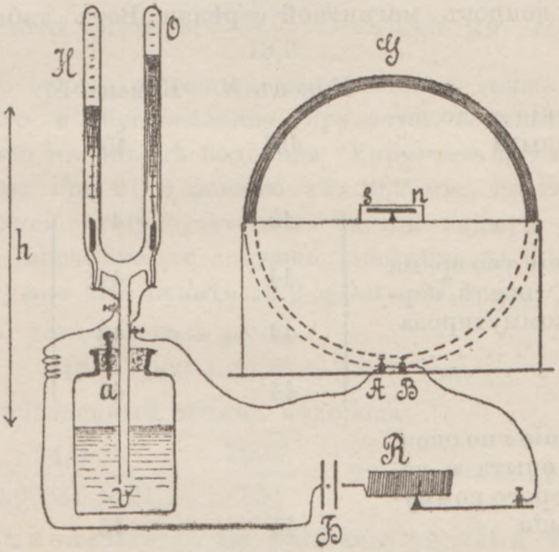
4. Измѣреніе постоянной C. Если конструкція гальванометра не даетъ возможности вычислить его постоянную C по размѣрамъ R и n, а въ особенности если H для даннаго мѣста или для данной эпохи неизвѣстна съ необходимою точностью, то тогда C опредѣляютъ опытнымъ путемъ, пользуясь явленіемъ электролиза.

Съ этою цѣлью составляютъ цѣпь, какъ показано на фиг. 38-й, въ которой B означаетъ батарею изъ нѣсколькихъ элементовъ или еще лучше аккумуляторовъ; G — испытуемый тангенсъ-гальванометръ; V — вольтаметръ съ подкисленною водою и съ двумя градуированными трубками для собиранія водорода (H) и кислорода (O); R – проволочный или ламповый реостатъ для регулированія силы тока и подбора наивыгоднѣйшаго угла отклоненія α.

Вольтаметръ (фиг. 38) наполняется 20% растворомъ чистой сѣрной кислоты въ дестиллированной водѣ. Наполненіе нижней его части происходитъ черезъ особое отверстіе a въ резиновой пробкѣ, закрывающей стеклянную банку, а наполненіе верхнихъ его трубокъ H и O — черезъ опрокидываніе всего сосуда вверхъ дномъ; передъ опрокидываніемъ сосуда отверстіе a затыкается стеклянною пробкою, и сосудъ держится въ такомъ положеніи до тѣхъ поръ, пока изъ трубокъ H и O не выйдетъ весь газъ и мѣсто его не займетъ электролитъ. Трубки H и O имѣютъ объемъ въ 25 см^3 и раздѣлены до 0,2 см^3.

Силу тока i реостатомъ R регулируютъ такъ, чтобы уголъ отклоненія α тангенсъ-гальванометра былъ заключенъ между 30° и 60°, ибо въ этомъ случаѣ получаются наиболѣе удовлетворительные результаты, но еще лучше, если уголъ $\alpha = 45°$.

Во время электролиза токъ въ гальванометрѣ G слѣдуетъ коммутировать, потому что уголъ отклоненія α магнитной стрѣлки никогда не бываетъ совершенно одинаковымъ при отклоненіи стрѣлки на Востокъ или на Западъ.



Фиг. 38.

Кромѣ того для большей точности результата углы отклоненія нужно отсчитывать по сѣверному и по южному концамъ стрѣлки и изъ всѣхъ сдѣланныхъ отсчетовъ брать среднее, какъ это показано ниже въ приведенномъ примѣрѣ.

5. Примѣръ. Схема была составлена согласно фиг. 38-й; вольтаметръ V и тангенсъ-гальванометръ G были взяты тѣ самые, которые только что описаны; въ качествѣ реостата служили двѣ 16-свѣчныя лампы накаливанія, соединенныя послѣдовательно; токъ шелъ отъ аккумуляторной батареи на 110 вольтъ; гальванометръ былъ тщательно установленъ и провѣренъ до начала опыта и по окончаніи его въ

отношеніи равенства угловъ отклоненія при коммутированіи тока; путемъ простого переключенія проводовъ при зажимахъ гальванометра A и B; дѣлалось это съ тою цѣлью, чтобы упростить установку задачи.

Данныя опыта: барометрическое давленіе дня равно $b = 745$ мм.; температура комнаты $21^0,5$ С; продолжительность опыта 14 мин. = 840 сек.; объемъ выдѣленнаго водорода 24,6 см^3; объемъ выдѣленнаго кислорода — 12,4 см^3.

Отклоненіе гальванометра наблюдалось въ теченіе опыта нѣсколько разъ, причемъ отсчеты α всегда дѣлались у обоихъ концовъ магнитной стрѣлки. Вотъ табличка наблюденій:

	Конецъ N.	Конецъ S.	Среднее.
1. Отклоненіе α до начала опыта . .	45^0	45^0	45^0
2. Отклоненіе α во время опыта, послѣ перваго коммутированія	45	44	44^0
	44	44	
	44	43	
	44	44	
3. Отклоненіе α по окончаніи опыта и послѣ второго коммутированія	45	45	45^0

Итакъ, среднее отклоненіе въ одну сторону, до и послѣ опыта, равно 45^0, а во время опыта — 44^0; слѣдовательно, окончательное отклоненіе стрѣлки гальванометра

$$\alpha = 44^0,5. \tag{7}$$

6. Приведеніе объема водорода къ 0^0 и 760 мм. Согласно закону Фарадея объемъ отложеннаго токомъ водорода v пропорціоналенъ силѣ тока i и времени t, въ теченіе котораго происходитъ электролизъ, т. е.

$$v = k \,.\, i \,.\, t; \tag{8}$$

въ этомъ выраженіи k означаетъ электрохимическій эквивалентъ водорода, если i и t выражены въ амперахъ и секундахъ, а объемъ v приведенъ къ 0^0 и 760 мм. давленія.

Какъ уже сказано, объемъ водорода въ нашемъ опытѣ равенъ 24,6 см^3 при $21^0,5$, а барометрическое давленіе $b = 745$ мм. Но отъ барометрическаго давленія нужно отнять давленіе h, направленное противъ атмосфернаго и производимое столбомъ жидкости между 24,6 дѣленіемъ водородной трубки H и уровнемъ подкисленной воды въ нижнемъ сосудѣ вольтаметра, и выразить его въ мм. Hg ртутнаго столба. Въ нашемъ случаѣ $h = 223$ мм.; для приведенія его къ высотѣ ртутнаго столба это число нужно раздѣлить на плотность ртути 13,6 и умножить на плотность даннаго раствора сѣрной кислоты 1,1, т. е. $\frac{223 \times 1,1}{13,6} = 18,0$ мм. Hg. Кромѣ того, нужно отнять давленіе, направленное также противъ атмосфернаго и обусловленное упругостью водяного пара e, заключеннаго въ объемѣ водорода. Упругость эту находимъ по таблицамъ при $21^0,5$ равною $e = 19,2$ мм., но такъ какъ газъ находится въ присутствіи не чистой воды, а смѣси ея съ сѣрною кислотою, то e нужно умножить на 0,9; слѣдовательно, нужно еще отнять $19,2 \times 0,9 = 17,3$ мм.

Итакъ, давленіе газа равно

$$745 - (18,0 + 17,3) = 709,7 \text{ мм.},$$

а потому приведенный объемъ водорода

$$v = \frac{24,6}{1 + 0,00367 \times 21,5} \cdot \frac{709,7}{760} = 22,78 \,.\, 0,93 = 21,18 \text{ см}^3. \quad (7)$$

7. Вычисленіе C. На основаніи ур. (1) и (2)

$$i = C tg\alpha, \quad (9)$$

а согласно ур. (8)

$$i = \frac{v}{k\,.\,t}, \quad (10)$$

слѣдовательно, искомая постоянная въ амперахъ

$$C = \frac{v}{k\,.\,t\,.\,tg\alpha}. \quad (11)$$

Въ этомъ уравненіи v, t, α извѣстны изъ опыта, а k легко получить по таблицамъ, именно для водорода $k = 0,1160$, если t выражено въ секундахъ. Такимъ образомъ

наше $C = \frac{21,18}{0,116 \times 840 \times 0,983} = 0,221.$ (12)

Сравнивая эту величину съ полученною раньше (4), мы видимъ, что онѣ отличаются другъ отъ друга приблизительно нв 2°/₀, предусмотрѣнные нашимъ предварительнымъ разсчетомъ въ § 3.

Нужно, однако, замѣтить, что значенiе C измѣняется съ измѣненiемъ силы тока i и угла отклоненiя α. Для описываемаго гальванометра мы получили слѣдующiя предѣльныя величины:

C	i	α
0,225	0,082 амп.	20°,5
0,213	0,599 амп.	70°,0

8. Опредѣленiе электрохимическаго эквивалента водорода. Если постоянную C можно вычислить изъ размѣровъ даннаго гальванометра и горизонтальной составляющей земного магнитизма, то на основанiи ур. (11) легко самому опредѣлить величину электрохимическаго эквивалента водорода, ибо

$$k = \frac{v}{C \,.\, t \,.\, tg\alpha} = \frac{21,18}{0,225 \,.\, 840 \,.\, 0,983} = 0,114, \qquad (13)$$

вмѣсто табличнаго $k = 0,116$.

9. Опредѣленiе горизонтальной составляющей H. Изъ того же ур. (11) можно найти H, если для даннаго гальванометра извѣстны значенiя R и n. Въ самомъ дѣлѣ, въ амперахъ

$$C = \frac{10 \,.\, H \,.\, R}{2\pi \,.\, n} = \frac{v}{k \,.\, t \,.\, tg\alpha},$$

слѣдовательно,

$$H = \frac{v \,.\, 2\pi \,.\, n}{10 \,.\, R \,.\, k \,.\, t \,.\, tg\alpha} = 0,208, \qquad (14)$$

вмѣсто табличнаго $H = 0,212$.

10. Измѣреніе силы тока въ амперахъ. По ур. (1—4)

$$i = \frac{10 . H . R}{2\pi . n} \cdot tg\alpha = \frac{10 . 0,212 . 10 . 0,983}{2 . 3,14 . 15} = 0,221 \text{ амп.}, \quad (15)$$

а по ур. (8)

$$i = \frac{v}{k . t} = \frac{21,18}{0,116 . 840} = 0,217 \text{ амп.} \quad (16)$$

Мы уже подсчитали въ § 3 максимальную относительную ошибку при опредѣленіи постоянной C и нашли ее около 2%. Но при измѣреніи силы тока привходитъ еще ошибка на измѣреніе угла α, а потому максимальная относительная ошибка этого результата, согласно ур. (1), равна

$$\frac{\delta i}{i} = \frac{\delta C}{c} + \frac{\delta tg\alpha}{tg\alpha} \quad (17)$$

Найдемъ величину $\delta tg\alpha / tg\alpha$. Въ нашемъ случаѣ $\alpha = 44^\circ,5$, а точность отчета угла α равна 1°. Въ соотвѣтственныхъ таблицахъ мы находимъ, что

$$tg\, 44^\circ,5 = 0,983, \text{ а } \delta tg\alpha = 0,034,$$

$$\text{такъ какъ } tg\, 45^\circ = 1,000, \text{ а } tg\, 44^\circ = 0,966.$$

Отсюда

$$\frac{\delta tg\alpha}{tg\alpha} = \frac{0,034}{0,983} = 0,036,$$

а

$$\frac{\delta i}{i} = 0,02 + 0,04 = 0,06. \quad (18)$$

Мы видимъ, что полученныя нами значенія $i = 0,221$ амп. и $i = 0,217$ амп. отличаются другъ отъ друга менѣе, чѣмъ на 2%, между тѣмъ какъ максимальная ошибка могла достигать 6%; поэтому мы должны признать эти измѣренія силы тока удовлетворительными.

11. Измѣреніе внутренняго сопротивленія вольтаметра. Для рѣшенія этой задачи выключаемъ изъ схемы фиг. 38-й гальванометръ G, составляемъ цѣпь изъ батареи B въ нѣсколько аккумуляторовъ, вольтаметра V и градуированнаго въ омахъ проволочнаго реостата R и дѣлаемъ два опыта: 1) включая въ цѣпь все сопротивленіе ре-

остата R; 2) включая въ ту-же цѣпь только половину его сопротивленія.

Для упрощенія вычисленій силъ тока, продолжительность обоихъ опытовъ сохранимъ одну и ту-же, тогда

$$i_1 = \frac{v_1}{k\,.\,t} \quad \text{и} \quad i_2 = \frac{v_2}{k\,.\,t},$$

или

$$i_1 : i_2 = v_1 : v_2. \tag{19}$$

Съ другой стороны, если электродвижущая сила цѣпи остается постоянною въ теченіе всего опыта и равна E, а сопротивленіе цѣпи въ первомъ случаѣ равно R_1, а во второмъ — R_2, то по закону Ома

$$i_1 = \frac{E}{R_1} \quad \text{и} \quad i_2 = \frac{E}{R_2},$$

или

$$i_1 : i_2 = R_2 : R_1. \tag{20}$$

Пренебрегая малыми сопротивленіями соединительныхъ проводовъ цѣпи и аккумуляторной батареи, можно считать, что сопротивленіе R_1 равно искомому сопротивленію вольтаметра x и сопротивленію всего реостата r_1, а сопротивленіе R_2 равно тому-же сопротивленію x и сопротивленію половины реостата r_2. Другими словами

$$R_1 = x + r_1 \text{ и } R_2 = x + r_2. \tag{21}$$

На основаніи ур. (19), (20) и (21) находимъ, что

$$v_1 : v_2 = x + r_2 : x + r_1,$$

откуда

$$x = \frac{v_1 r_1 - v_2 r_2}{v_2 - v_1}. \tag{22}$$

Примѣръ. Сопротивленіе всего проволочнаго реостата Руштрата было равно $r_1 = 9{,}6\,\Omega$, а $r_2 = 4{,}8\,\Omega$, объемы же выдѣленнаго въ теченіе одной минуты водорода были, $v_1 = 6{,}4$ см^3 и $v_2 = 9{,}5$ см^3. Слѣдовательно, искомое сопротивленіе вольтаметра $x = 5{,}1\,\Omega$.

12. **Измѣреніе электродвижущей силы въ данной цѣпи.** Согласно описанію предъидущей задачи электродвижущая сила E батареи все время оставалась по-

стоянною, а потому на основаніи закона Ома для обоихъ опытовъ

$$E_1 = i_1 R_1 \text{ и } E_2 = i_2 R_2. \qquad (23)$$

Значенія R_1 и R_2 намъ уже исвѣстны:

$$R_1 = x + r_1 = 5{,}1 + 9{,}6 = 14{,}7\,\Omega,$$
$$R_2 = x + r_2 = 5{,}1 + 4{,}8 = 9{,}9\,\Omega,$$

и теперь остается лишь вычислить значенія i_1 и i_2.

Такъ какъ v_1, v_2, k и t намъ извѣстны, это изъ ур. (10)

$$i_1 = \frac{6{,}4}{0{,}116 \times 60} = 0{,}92 \text{ амп. и } i_2 = \frac{9{,}5}{0{,}116 \times 60} = 1{,}36 \text{ амп.}$$

Послѣ подстановки приведенныхъ значеній въ ур. (23) находимъ, что

$$E_1 = 0{,}92 \,.\, 14{,}7 = 13{,}52 \text{ вольта,}$$

а

$$E_2 = 1{,}36 \,.\, 9{,}9 = 13{,}46 \text{ вольта,}$$

откуда среднее значеніе въ теченіе всего опыта

$$E = 13{,}5 \text{ вольта.}$$

Очевидно, такова разность потенціаловъ на зажимахъ аккумуляторной батареи.

13. Стоимость приборовъ. Описанные здѣсь тангенсъ-гальванометръ и вольтаметръ можно пріобрѣсти у фирмы A. Krüss, Hamburg; гальванометръ стоитъ 15 марокъ, а вольтаметръ 16 м. Проволочный реостатъ на данное число омовъ и для тока на опредѣленное число амперовъ можно пріобрѣсти у фирмы Geb. Ruhstrat, Göttingen, отъ 7 марокъ за экземпляръ. *Г. Де-Метцъ.*

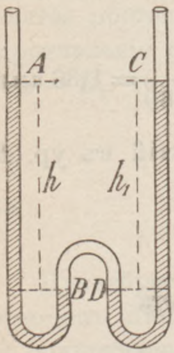
Кіевъ.

Замѣтка объ измѣреніи коэффиціента истиннаго расширенія жидкостей.

А. Постникова.

Въ № 4 „Физическаго Обозрѣнія" за 1911 г. былъ описанъ приборъ для опредѣленія коэффиціента истиннаго расширенія жидкости, которымъ можно пользоваться въ средней

школѣ. Приборы подобнаго рода, стремящіеся упростить насколько возможно аппаратъ Дюлонга и Пти, описывались неоднократно[1]); но въ нихъ есть одинъ общій недостатокъ, присущій вообще способу сообщающихся сосудовъ, именно,—неудовлетворительность или, по меньшей мѣрѣ, сомнительная точность измѣренія столба нагрѣтой жидкости[2]). Въ виду этого обстоятельства при практическихъ работахъ учениковъ той школы, гдѣ приходится работать мнѣ, я примѣнилъ сперва воздушный прослоекъ между холодною и нагрѣваемою жидкостью, въ соединительной части между ея вертикальными столбами, которая представляла дугообразный изгибъ (фиг. 1). Дурная теплопроводность воздуха предотвращаетъ при этомъ нагрѣваніе холодной жидкости за счетъ горячей; высоты-же h и h_1 обоихъ ея столбовъ отсчитывались, какъ разности уровней отъ A до B и отъ C до D, при чемъ выравнивать уровни B и D нѣтъ необходимости.



Фиг. 1.

Результаты измѣреній, которыя производились учениками безъ катетометра, съ помощью лишь штангенъ-циркуля, при относительно небольшихъ высотахъ h и h_1, не превышавшихъ 25 см., представлялись тѣмъ не менѣе весьма удовлетворительными. Привожу примѣръ опредѣленія α для ртути, при которомъ измѣренія производились съ помощью простой миллиметровой линейки и термометра безъ долей градуса: $h = 145$ мм. при $t = 21^0$Ц.; $h_1 = 147$ мм. при $t_1 = 100^0$ Ц. Соотвѣтственно этимъ числамъ имѣемъ

$$\alpha = \frac{h_1 - h}{h\ (100 - t)} = 0{,}0001746.$$

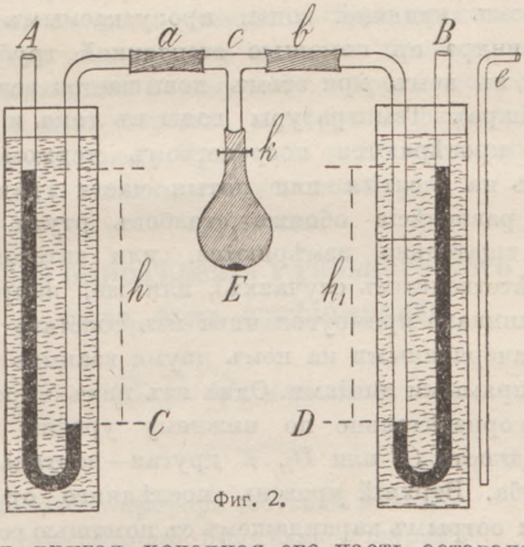
[1]) См., наприм, „Классные опыты" А. Трусевича въ „Физическомъ Обозрѣніи" за 1900 г., стр. 242, или „Практическія занятія по физикѣ" Григорьева, Знаменскаго и Кавуна, стр. 121.

[2]) У Дюлонга и Пти это измѣреніе производилось отъ оси горизонтальной соединительной трубки между двумя сообщающимися сосудами. Въ упрощенныхъ приборахъ отсчетъ ведется, наприм., „отъ верхняго края нижней пробки", запирающей стеклянную муфту, въ которой помѣщается нагрѣваемая часть прибора. Ошибка отсчета при этомъ является совершенно гадательною, и возможно, что она значительно превышаетъ 10%.

При болѣе тщательныхъ измѣреніяхъ получались подчасъ уже очень хорошія опредѣленія, напримѣръ: $h = 144{,}6$ мм. при $t = 19{,}^{0}5$; $h_1 = 146{,}7$ мм. при $t_1 = 100^{0}$. Соотвѣтствующее значеніе α будетъ 0,0001817. По Дюлонгу и Пти средняя величина α между 0^{0} и 100^{0}Ц. для ртути $= 0{,}0001815$.

При такихъ измѣреніяхъ точки 0^{0} и 100^{0} термометрическихъ шкалъ предварительно были провѣрены, но температура кипѣнія воды, паромъ которой нагрѣвался одинъ изъ столбовъ ртути въ приборѣ, не была вывѣрена по показанію барометра, что, конечно, не имѣетъ значенія въ первомъ опредѣленіи, но желательно во второмъ.

Затѣмъ, послѣ нѣсколькихъ видоизмѣненій, имѣвшихъ главною цѣлью достиженіе одинаковости температуры въ длинномъ и короткомъ колѣнахъ нагрѣваемой части прибо-



Фиг. 2.

ра, такъ какъ другая, холодная его часть оставалась у насъ всегда при комнатной температурѣ, послѣдній получилъ слѣдующій и надо полагать, уже окончательный видъ, соединяющій возможную простоту устройства съ точностью отсчета высотъ жидкости, безусловно болѣе надежной, чѣмъ даже въ самомъ аппаратѣ Дюлонга и Пти. Двѣ стеклянныя трубки съ внутреннимъ діаметромъ около 0,5 см. (лучше больше, чѣмъ меньше) сгибаются въ два параллельныхъ колѣна длиною около 60 см. и соединяются съ помощью каучуковыхъ трубокъ a и b (фиг. 2) съ трехконечною ⊤—образ-

ною стеклянною трубочкой *c*, къ средней вѣтви которой присоединина каучуковая груша *E* съ нажимнымъ краномъ *k* [1]). Закрѣпивши обѣ согнутыя трубки въ вертикальномъ положеніи на обыкновенномъ деревянномъ ретортномъ станкѣ съ двумя тисками, а также укрѣпивши на немъ и трубочку *c*, наливаютъ въ *A* и *B*, положимъ, ртуть приблизительно до половины высоты этихъ трубокъ, затѣмъ, сжимая грушу *E*, вгоняютъ въ систему трубокъ воздухъ, поднимая въ трубкахъ *A* и *B* ртуть до высоты, наприм., въ 40—50 см., послѣ чего нажимаютъ кранъ *k* и помѣщаютъ обѣ согнутыя трубки въ стеклянные цилиндры соотвѣтствующей высоты. Въ одинъ наливаютъ воду комнатой температуры [2]), а въ другой подогрѣтую воду (приблизительно до двухъ третей высоты этого цилиндра), которую доводятъ потомъ до температуры кипѣнія паромъ кипящей воды, пропускаемымъ въ нижнюю часть цилиндра съ помощью стеклянной трубочки *e* (уровень воды въ немъ при этомъ повышается вслѣдствіе конденсаціи пара). Температуры воды въ томъ и въ другомъ цилиндрѣ провѣряются посредствомъ термометровъ, раздѣленныхъ на десятыя или пятыя части градуса. По достиженіи равновѣсія обоихъ столбовъ ртути, ихъ высоты h и h_1 тщательно измѣряются, или катетометромъ (въ болѣе отвѣтственныхъ случаяхъ), или же, наприм., съ помощью длиннаго прямоугольника изъ толстаго бѣлаго картона съ начерченными на немъ двумя взаимно перпендикулярными прямыми линіями. Одна изъ нихъ (короткая) располагается горизонтально по нижнему уровню измѣряемаго столба жидкости (*C* или *D*), а другая—вертикально, вдоль этого столба. Верхній уровень послѣдняго отмѣчается на этой линіи острымъ карандашемъ съ помощью горизонтально устанавливаемой (касательно къ мениску ртути) линеечки, помогающей избѣгнуть параллакса. Отмѣченныя длины измѣряются штангенъ-циркулемъ съ точностью до десятыхъ долей миллиметра. Еще лучше пользоваться зеркально миллиметровой линейкой съноніусомъ.

---

[1]) Лучше, если въ грушѣ есть клапанъ, пропускающій воздухъ внутрь.

[2]) Можно, конечно, брать и смѣсь воды съ чистымъ снѣгомъ или мелкими кусочками льда, или же растворять въ ней, наприм., азотноамміачную соль.

Въ такой установкѣ мы имѣемъ дѣло уже не просто съ сообщающимися сосудами, а съ двумя манометрами съ жидкостями разной плотности и потому разныхъ высотъ, отвѣчающихъ упругости одного и того же газа. Поэтому излагаемый способъ опредѣленія коэффиціента истиннаго расширенія, примѣнимый для любой жидкости, можетъ быть названъ способомъ манометрическимъ. Онъ, очевидно, довольно рѣзко отличается отъ способа Дюлонга и Пти: каучуковыя трубки *a* и *b* могутъ быть взяты какой угодно длины, такъ что обѣ части прибора, съ холодною и съ горячею жидкостью, можно раздвинуть на любое разстояніе, и одна изъ этихъ частей можетъ быть расположена выше, ниже или гдѣ-либо сбоку другой, какъ будетъ удобнѣе для экспериментатора. Наконецъ, и самый приборъ можетъ быть легко изготовленъ даже ученикомъ-практикантомъ.

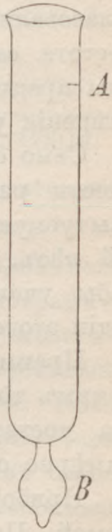
На случай возможности заказовъ прибора со стороны лицъ, не желающихъ почему-либо собрать его собственными средствами, я далъ чертежъ прибора Московской фабрикѣ физическихъ приборовъ Трындина и К°, обязавши ее прилагать зеркальную миллиметровую линейку.

Москва.

Приборъ для опредѣленія удѣльнаго вѣса жидкихъ тѣлъ безъ взвѣшиванія.

В. Г. Фридмана.

Главная часть прибора состоитъ изъ пробирки, къ дну которой придѣланъ шарикъ *B* съ дробью (фиг. 1). На пробиркѣ въ верхней ея части имѣется мѣтка *A*. Пробирку погружаютъ въ сосудъ, наполненный водой. Шарикъ *B* съ дробью долженъ быть настолько легкимъ, чтобъ при погруженіи пустой пробирки въ воду она сидѣла въ водѣ очень неглубоко; мѣтка *A* должна быть при этомъ значительно выше уровня воды въ сосудѣ. Затѣмъ наливаютъ въ пробирку такое ко-



Фиг. 1.

личество воды, чтобы пробирка погружалась въ воду ровно до мѣтки *А*. Послѣ этого измѣряютъ объемъ налитой въ пробирку воды, переливая ее въ мензурку, на которой можно было бы дѣлать отсчеты съ точностью до 0,1 куб. см.

Пробирку вытираютъ насухо и наливаютъ туда жидкость, удѣльный вѣсъ которой нужно опредѣлить, причемъ наливаютъ ее въ такомъ количествѣ, чтобы пробирка снова погружалась до мѣтки. Если изслѣдуемая жидкость легче воды, то очевидно объемъ ея будетъ больше, чѣмъ объемъ бывшей въ пробиркѣ воды, и обратно, если жидкость тяжелѣе воды, то понадобится меньшій ея объемъ для того, чтобы догнать пробирку до мѣтки *А*. Величина этого объема опредѣляется также при помощи мензурки. Ясно, что измѣренные объемы воды и испытуемой жидкости одинаковаго вѣса, ибо они погружаютъ мензурку до одинаковой глубины. Слѣдовательно, удѣльный вѣсъ жидкости найдется, если раздѣлить объемъ воды на объемъ жидкости.

Описанный способъ опредѣленія удѣльнаго вѣса примѣнялся мною на практическихъ занятіяхъ по физикѣ съ ученицами VII класса. Удѣльные вѣса измѣренныхъ жидкостей: скипидара, эфира, спирта, сѣроуглерода, молока и др. получались съ точностью до 0,01, причемъ результаты самостоятельныхъ измѣреній отдѣльныхъ ученицъ очень хорошо согласовались другъ съ другомъ. Это обстоятельство, а также простота самого опредѣленія, приводили къ тому, что ученицы предпочитали этотъ способъ всякому другому способу измѣренія удѣльнаго вѣса жидкихъ тѣлъ.

Само собой понятно, что на пробиркѣ можно было бы нанести рядъ дѣленій такимъ образомъ, чтобы, наливая испытуемую жидкость въ пробирку, сразу отсчитывать удѣльный вѣсъ. Но для пользы практическихъ занятій лучше, чтобы ученики—практиканты продѣлывали всѣ отдѣльныя стадіи этого опыта и необходимыя къ нему вычисленія.

Преимуществомъ описываемаго метода является между прочимъ то обстоятельство, что для опредѣленія удѣльнаго вѣса достаточно очень небольшого количества жидкостей, примѣрно отъ 6—12 куб. см.

Приборъ изготовленъ по моимъ указаніямъ московской фирмой „Природа и Школа“.

Москва.

Хроника.

1. Коэффиціентъ поверхностнаго тренія въ воздухѣ при среднихъ скоростяхъ.

Проф. Чатлей, приступая къ экспериментальной провѣркѣ законовъ поверхностнаго тренія въ воздухѣ при помощи эпициклическаго дифференціальнаго динамометра, сопоставилъ въ 2158 номерѣ „Nature" за 1911 г. весь собранный по этому вопросу матеріалъ.

Ниже приведены коэффиціенты поверхностнаго тренія въ воздухѣ, взятые какъ изъ практики воздухоплаванія, такъ и изъ экспериментальныхъ данныхъ и теоретическихъ соображеній для гладкихъ поверхностей и скоростей, превосходящихъ критическую скорость, начиная съ которой поверхностное треніе растетъ пропорціонально квадрату скорости.

		Коэф. поверх. тренія.
I.	Изъ сопротивленія дирижаблей (среднее).	0,000017
II.	Изъ наблюденій Тэрнбулла	0,000015
III.	По аналогіи изъ гидродинамической теоріи и опытовъ Фрауда надъ водою . .	0,000017
IV.	Изъ опытовъ Цама	0,000010
V.	Изъ опытовъ Ланчестера надъ глайдерами и съ аэродинамическими вѣсами .	0,000013
	Среднее. . .	0,000014.

Приведенные коэффиціенты вычислены въ британской системѣ мѣръ: фунтъ, футъ, секунда.

2. Новая сейсмическая станція. Въ Пулковѣ состоялось большое научное торжество—открытіе центральной сейсмографической станціи, взамѣнъ старой, помѣщавшейся въ темныхъ и мрачныхъ подвалахъ обсерваторіи, далеко не благопріятныхъ для точныхъ записей колебаній земной поверхности. Новая станція расположена вблизи главнаго корпуса астрономической обсерваторіи и помѣщается подъ землею на глубинѣ свыше трехъ саженъ; надъ поверхностью земли высится небольшая будка—входъ внизъ на станцію. Все подземное помѣщеніе

станціи, въ 28 метровъ длины и 13 метровъ ширины, разбито на три большія и одну маленькую комнату. Въ первой изъ нихъ установлены самые чувствительные аппараты для гальванометрической регистраціи земныхъ колебаній, вторая—занята регистрирующими аппаратами и гальванометрами; въ слѣдующей расположены грозовые приборы съ механической регистраціей и, наконецъ, въ четвертой комнатѣ находятся контактные часы и другіе вспомогательные приборы. Внутри станціи свѣтло, чисто и красиво. Аппараты установлены на особыхъ мраморныхъ основаніяхъ. Стѣны зданія выведены изъ бетона, вокругъ нихъ расположены особые двойные корридоры, чѣмъ достигается возможность поддерживать всегда ровную температуру въ 15^0 по Цельсію и регулировать влажность воздуха. Новая центральная станція оборудована всѣми новѣйшими приборами и аппаратами, обладающими чрезвычайной чувствительностью; центральное мѣсто занимаютъ сейсмографы, изобрѣтенные директоромъ физическаго кабинета Академіи Наукъ кн. Б. Б. Голицынымъ, точно опредѣляющіе мѣсто землетрясенія, независимо отъ дальности его очага. На новой станціи установлены два рода сейсмографовъ: горизонтальные и вертикальные; первые служатъ для регистраціи смѣщенія земной коры отъ сѣвера къ югу и отъ востока къ западу. Движеніе въ нихъ передается гальванометрамъ посредствомъ индукціонныхъ токовъ. Каждое движеніе записывается на регистраціонномъ валѣ, приводимомъ въ движеніе часовымъ механизмомъ. Вертикальные—служатъ для опредѣленія подземныхъ толчковъ, къ которымъ горизонтальные маятники не были чувствительны и для которыхъ цѣлый рядъ землетрясеній съ удаленнымъ очагомъ проходилъ совершенно незамѣченнымъ. Новый вертикальный сейсмографъ кн. Голицына весьма отчетливо регистрируетъ эти волны. Завѣдывающимъ новой станціей назначенъ ассистентъ физическаго кабинета Академіи Наукъ В. В. Вилимъ. Для служащихъ вблизи станціи построенъ большой жилой домъ, гдѣ происходитъ разработка сейсмограммъ, получаемыхъ на станціи. На торжество открытія станціи изъ Петербурга въ Пулково пріѣхали: вице-президентъ Академіи Наукъ В. В. Никитинъ, директоръ Николаевской физической обсерваторіи акад. М. А.

Рыкачевъ, академики: А. А. Марковъ, А. И. Карпинскій, Ѳ. Н. Чернышевъ, проф. Бѣлелюбскій и Стекловъ, директоръ иркутской обсерваторіи Введенскій, помощникъ его Теландъ, члены сейсмографической комиссіи съ ген. Померанцевымъ во главѣ и др. Прибывшихъ на торжество встрѣчалъ князь Б. Б. Голицынъ съ супругою. Послѣ молебствія гости подъ руководствомъ кн. Голицына обозрѣвали станцію; обясненія давалъ изобрѣтатель новаго вертикальнаго сейсмографа кн. Голицынъ. Послѣ осмотра въ жиломъ домѣ, гдѣ помѣщены барышни-вычислительницы, кн. Голицынъ привелъ историческую справку возникновенія и развитія сейсмической станціи. Послѣдняя обошлась Академіи Наукъ въ 32 тысячи и постройка жилого дома въ 29 тыс. руб. Послѣ изложенія историческихъ данныхъ кн. Б. Б. Голицынъ привѣтствовалъ рѣчью директора обсерваторіи, проф. Баклунда, въ отвѣтной рѣчи проф. Баклундъ подчеркнулъ заслуги кн. Голицына; его ученые труды и сейсмографы пріобрѣтены всѣми заграничными обсерваторіями, за исключеніемъ Австраліи, откуда въ Россію пріѣзжалъ одинъ ученый абатъ, но, какъ принадлежащій къ ордену іезуитовъ, лишенъ былъ возможности жить въ Россіи. Въ настоящее время этотъ вопросъ разрѣшается дипломатическимъ путемъ. Открытіе центральной станціи привѣтствовалъ министръ народнаго просвѣщенія д. с. с. Кассо, приславшій телеграмму. Послѣ осмотра станціи и жилого дома присутствовавшимъ былъ предложенъ чай. На новой станціи электрическое освѣщеніе отсутствуетъ.

(„Новое Время“, № 12850, 16, XII, 1911).

Библіографія.

2. *Трояновскій И. И.* Курсъ природовѣдѣнія. ч. II. Растеніе и его жизнь. Для младшихъ классовъ среднихъ учебныхъ заведеній, торговыхъ школъ и городскихъ училищъ. Со многими рисунками и 10 цвѣтными таблицами. Москва, изд. Сытина. 1911 г. 170 стр. Ц. 70 коп.

Въ предисловіи къ „Курсу природовѣдѣнія“ авторъ выясняетъ „цѣль и принципы, положенные въ основу курса“:

дать въ руки ученикамъ „живую книгу, которая на основаніи опытовъ и личныхъ наблюденій дѣйствительно вводила бы ихъ въ жизнь растеній... Съ этой цѣлью матеріалъ подобранъ и изложенъ такъ, что почти весь онъ можетъ быть пройденъ на опытахъ и личномъ наблюденіи“... „Въ основу прохожденія курса должно быть положено личное участіе учениковъ въ опытахъ и наблюденіяхъ:... пусть они сами сѣютъ, сами выращиваютъ, сами ухаживаютъ за растеніями, пусть сами наблюдаютъ и видятъ, какъ развиваются и живутъ растенія“.

Соотвѣтственно намѣченному плану—построить курсъ на непосредственномъ наблюденіи учащимися жизни растеній, матеріалъ расположенъ слѣдующимъ образомъ: въ I части (стр. 13—113) ученики, путемъ опытовъ и наблюденій, изучаютъ физіологію и анатомію растеній, во II и III частяхъ знакомятся, путемъ разсмотрѣнія живыхъ (кромѣ ржи) экземпляровъ съ 12 представителями сѣмянныхъ растеній (II ч., стр. 114—150), и 8 представителями споровыхъ (ч. III, стр. 150—170). Въ началѣ книги (стр. 5—8) приведенъ списокъ опытовъ и наблюденій, составляющихъ основу для построенія курса. Ознакомленіе съ пріемами опредѣленія растеній и съ необходимой для этого терминологіей не входитъ въ программу классныхъ занятій, такъ какъ, по мысли автора, оно должно быть выполнено во время экскурсій.

Едва-ли возможны какія-либо принципіальныя возраженія противъ желательности такого способа изученія природы, въ основу котораго было-бы положено непосредственное наблюденіе изучаемыхъ предметовъ и явленій. Но, съ другой стороны, едва-ли возможно оспаривать тотъ фактъ, что, при существующемъ строѣ школьной жизни, подобная постановка преподаванія является только идеаломъ, къ которому возможно лишь приближаться въ большей или меньшей степени, въ зависимости отъ широты намѣченныхъ преподавателемъ задачъ и отъ условій школьной работы: фактическая невозможность „изучать природу среди природы“ (стр. 4) и необходимость изучать ее въ классѣ заставляютъ преподавателя замѣнять большинство живыхъ, природныхъ объектовъ моделями, рисунками, препаратами и другими пособіями; и если при изученіи отдѣльныхъ представителей

растительнаго и животнаго царствъ далеко не всегда можно располагать соотвѣтствующими живыми экземплярами, то еще труднѣе при изученіи физіологическихъ процессовъ организовать преподаваніе такъ, чтобы учащіеся, въ особенности въ возрастѣ 10—12 лѣтъ, могли въ опредѣленное время, хотя-бы и при помощи учителя, вызывать путемъ опытовъ и наблюдать эти процессы въ такомъ количествѣ, чтобы эти наблюденія служили не иллюстраціями къ курсу, а являлись его основой. Даже при наличности исключительно благопріятныхъ условій школьной работы (помѣстительнаго и хорошо оборудованнаго кабинета природовѣдѣнія, средствъ на постановку опытовъ, значительнаго количества свободнаго времени у преподавателя, который долженъ, вѣдь, вести работу съ опытами и по другимъ отдѣламъ природовѣдѣнія въ другихъ классахъ, а, въ большинствѣ случаевъ, и въ другихъ учебныхъ заведеніяхъ)—все таки остается неяснымъ вопросъ о томъ, какъ предполагаетъ авторъ организовать личное участіе всѣхъ учениковъ класса въ постановкѣ опытовъ и веденіи такихъ наблюденій, которыя должны производиться въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, дней и даже недѣль (напр., опыты съ образованіемъ крахмала въ листьяхъ, съ водными культурами, кольцевыми вырѣзками и др.). Тщательная постановка опытовъ по физіологіи растеній требуетъ навыка и отнимаетъ очень много времени, а результаты многихъ опытовъ и выводы изъ нихъ могутъ выясниться только черезъ значительный промежутокъ времени по окончаніи урока; если постановка опытовъ и длительныя наблюденія будутъ производиться во время уроковъ, то намѣченный курсъ никоимъ образомъ не можетъ быть пройденъ въ одинъ годъ при двухъ недѣльныхъ часахъ; пожеланіе-же автора, чтобы на практическія занятія удѣлялось особое время, не выполнимо, такъ какъ требуетъ или измѣненія таблицы уроковъ, или введенія въ нѣкоторые дни шестого учебнаго часа, что недопустимо по отношенію къ учащимся младшаго возраста. Опыты при изученіи физіологіи растеній безусловно необходимы, но не какъ основа для построенія курса, а какъ иллюстрація для поясненія и закрѣпленія въ памяти учащихся сообщаемыхъ имъ положеній; равнымъ образомъ—нельзя не признать весьма полезнымъ и

желательнымъ посильное участіе учениковъ въ постановкѣ опытовъ и въ наблюденіи всѣхъ фазъ опыта; но сдѣлать это обязательнымъ для всѣхъ учениковъ можно только при исключительной обстановкѣ, напр., въ закрытомъ учебномъ заведеніи, гдѣ и ученики, и преподаватель природовѣдѣнія живутъ въ одномъ зданіи и могутъ посвящать этимъ занятіямъ внѣурочное время.

Что касается обработки отдѣльныхъ частей курса, то ее нельзя признать равномѣрной: отдѣлъ физіологіи изложенъ значительно подробнѣе, чѣмъ это требуется программами и городскихъ училищъ, и младшихъ классовъ среднихъ учебныхъ заведеній; содержаніе нѣкоторыхъ главъ едва-ли можетъ быть доступно пониманію учащихся младшаго возраста, напр.: указаніе, что теплота, образующаяся при дыханіи сѣмянъ, нужна, какъ источникъ силы для совершенія работы, выполняемой прорастающими сѣменами (стр. 38); глава „принятіе корнемъ питательныхъ веществъ изъ почвы" (стр. 53—56); описаніе анатомическаго строенія и развитія стебля двудольныхъ (стр. 86—89).

Подробное изложеніе физіологіи растеній заставило автора слишкомъ сократить часть вторую [1]), а также отказаться отъ классныхъ занятій по опредѣленію растеній, отнеся ознакомленіе съ пріемами опредѣленія и съ необходимой для этого терминологіей къ числу занятій во время экскурсій; съ такой постановкой вопроса никакъ нельзя согласиться: опредѣленіе растеній требуетъ, во-первыхъ, предварительнаго, и притомъ довольно обстоятельнаго, знакомства съ морфологіей растеній и съ соотвѣтствующей терминологіей, и, во-вторыхъ, спеціальныхъ навыковъ въ анализѣ цвѣтка и въ пользованіи опредѣлителемъ; усвоить технику опредѣленія можно только путемъ соотвѣтствующихъ практическихъ занятій въ классѣ (и притомъ отнюдь не въ 1—2 часа), на экскурсіи же можно опредѣлять растенія, уже

---

[1]) Напримѣръ, нѣтъ ни одного представителя зонтичныхъ растеній; желательно было-бы описаніе какого-нибудь изъ однодомныхъ сережчатыхъ растеній, напримѣръ, дуба, и указаніе на цвѣтеніе березы, ольхи, орѣшника, такъ какъ многія дѣти думаютъ, что эти растенія не имѣютъ цвѣтовъ.

имѣя къ этому достаточный навыкъ; между тѣмъ, ознакомленіе учащихся съ пріемами собиранія и опредѣленія растеній должно считаться обязательнымъ для всѣхъ учениковъ, такъ какъ гербаризація, представляя весьма доступный дѣтямъ способъ разумнаго, осмысленнаго общенія съ природой, является однимъ изъ наиболѣе дѣйствительныхъ средствъ къ развитію наблюдательности и любви къ природѣ.

Языкъ книги ясный, послѣдовательный и, въ общемъ, достаточно научный, хотя имѣются и неточности, иногда весьма существенныя, напримѣръ: къ числу углеводовъ отнесены винный спиртъ и масла (стр. 71, примѣчаніе); къ сем. лютиковыхъ отнесена „голубая перелѣска или подснѣжникъ“ (перелѣска—родъ Hepatica Dilt изъ Ranunculaceae; подснѣжникъ — Galanthus изъ сем. Amaryllidaceae; иногда подснѣжникомъ неправильно называютъ пролѣску (Scilla изъ Liliaceae); „хоботокъ“ (вмѣсто язычекъ) у шмелей и пчелъ (стр. 129, 130); репейникъ отнесенъ къ сложноцвѣтнымъ (стр. 136); репейникъ—родъ Agrimonia L. изъ сем. Rosaceae; „двудольные цвѣты“ вмѣсто „двудольныя растенія“ (стр. 148); едва-ли правильно называть „пестичными“ женскіе цвѣты сосны, у которыхъ нѣтъ ни завязи, ни столбика, ни рыльца, т. е. именно нѣтъ пестика. Къ недостаткамъ языка слѣдуетъ отнести нѣкоторыя неудачныя выраженія, взятыя, повидимому, съ цѣлью сдѣлать изложеніе болѣе доступнымъ дѣтямъ: растенія „забираютъ“ CO_2 изъ воздуха (стр. 69, 70 и далѣе), насѣкомыя „вымазываются“ пыльцой (стр. 104) и „вымазываютъ“ рыльце цвѣтка (стр. 107, 121), сѣмена „вылѣзаютъ“ изъ плода.

Въ виду того, что предлагаемый „курсомъ природовѣдѣнія“ методъ веденія дѣла мало примѣнимъ при существующихъ школьныхъ условіяхъ, а содержаніе курса и распредѣленіе учебнаго матеріала не соотвѣтствуетъ программамъ природовѣдѣнія большинства школъ, книгѣ И. И. Трояновскаго едва-ли можно предсказать широкое распространеніе въ качествѣ учебника. Тѣмъ не менѣе нельзя не рекомендовать преподавателямъ природовѣдѣнія — ознакомиться съ этой книгой и пріобрѣсть ее въ библіотеку училища: она можетъ служить очень полезнымъ пособіемъ какъ

для начинающаго преподавателя при постановкѣ опытовъ по физіологіи растеній, такъ и для учениковъ среднихъ и старшихъ классовъ, которые пожелали-бы посвятить свой досугъ самостоятельному изученію жизни растеній.

Цѣна книги (70 коп.), изданной очень хорошо и иллюстрированной большимъ количествомъ рисунковъ, должна быть признана вполнѣ умѣренной. *И. Троцкій.*

Кіевъ.

3. Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, pibliées sous le patronage de l'Associaton internationale des Académies par le Comité, international nommé par le VII-e Congrès de Chimie appliquée à Londres, 2 Juin 1909. Volume I. Année 1910. Gauthier—Villars. Paris. 1912.

Эти таблицы составятъ эпоху въ физикѣ, химіи и технологіи и сильно облегчатъ трудъ отысканія постоянныхъ, необходимыхъ при спеціальныхъ изслѣдованіяхъ. До сихъ поръ у насъ уже были хорошіе сборники постоянныхъ, но не коллективные, не международные, не ежегодные и не столь полные. Новыя таблицы за 1910 г. составлены на основаніи данныхъ изъ 300 періодическихъ изданій и отдѣльныхъ книгъ, и потому онѣ разрослись до 728 страницъ in 4°.

21 государство поддерживаютъ это научное предпріятіе; отъ Россіи представителями состоятъ: проф. О. Д. Хвольсонъ, проф. В. Кистяковскій и проф. П. Вальденъ.

Таблицы содержатъ самые разнообразныя данныя по физикѣ, химіи и технологіи, заключеныя въ 45 отдѣльныхъ главахъ; заголовки ихъ даны на французскомъ, нѣмецкомъ, англійскомъ и италіянскомъ языкахъ. Внѣшность изданія отличная.

Мы горячо привѣтствуемъ появленіе перваго тома и не сомнѣваемся въ огромномъ успѣхѣ этого международнаго научнаго предпріятія. *Г. Де-Метцъ.*